



การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

THE DEVELOPMENT OF ACTIVE LEARNING ACTIVITIES TO ENHANCE INDUCTIVE
REASONING ABILITY ON SURFACE AREA AND VOLUME OF THREE-DIMENSIONAL
GEOMETRY FOR PRATHOMSUKSA VI STUDENTS

วัชรพงษ์ ว่องนิยมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2567

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2567
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF ACTIVE LEARNING ACTIVITIES TO ENHANCE
INDUCTIVE REASONING ABILITY ON SURFACE AREA AND
VOLUME OF THREE-DIMENSIONAL GEOMETRY FOR
PRATHOMSUKSA VI STUDENTS



WATCHARAPHONG WONGNIYOMKASET

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION
(Mathematics)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2024

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ของ

วัชรพงษ์ ว่องนิยมเกษตร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษาดุสิตบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์) (รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศรี มีเพ็ญ)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสถาและ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพ็ญชัย)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชिरา ลำดวนหอม)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
ผู้วิจัย	วัชรพงษ์ ว่องนิยมเกษตร
ปริญญา	การศึกษาศุภบัณฑิต
ปีการศึกษา	2567
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญานิน กองทิพย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุกัญญา หะยีสและ

ความมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ได้แก่ (1) เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (2) เพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ รูปแบบการวิจัยเป็น One-Group Posttest-Only Design กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) จำนวน 24 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม และเลือกนักเรียน 4 คนเพื่อศึกษาเชิงลึก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ (2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และ (3) แบบสังเกตและแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า (1) กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 80.24/84.15 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (2) นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์มากขึ้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย นักเรียนมีพัฒนาการในด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยนักเรียนให้เวลามากขึ้นในการอ่านคำชี้แจงสำรวจและสังเกตสื่อการเรียนรู้ จากนั้นใช้ข้อมูลจากการบันทึก การอภิปราย หรือการทดลองมาตอบคำถามอย่างมีเหตุผล พร้อมทั้งสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างเป็นระบบ และด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากขึ้น จากการฝึกบันทึกข้อมูลและข้อความคาดการณ์ลงในสมุดบันทึกส่วนตัวก่อนนำไปอภิปรายกับเพื่อน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น รวมถึงการนำข้อความคาดการณ์มาใช้ในการคำนวณหาคำตอบ

คำสำคัญ : กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก, ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย, พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย, พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ

Title	THE DEVELOPMENT OF ACTIVE LEARNING ACTIVITIES TO ENHANCE INDUCTIVE REASONING ABILITY ON SURFACE AREA AND VOLUME OF THREE-DIMENSIONAL GEOMETRY FOR PRATHOMSUKSA VI STUDENTS
Author	WATCHARAPHONG WONGNIYOMKASET
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2024
Thesis Advisor	Assistant Professor Doctor Yanin Kongthip
Co Advisor	Assistant Professor Doctor Sukanya Hajisalah

The purposes of this research were as follows: (1) to develop active learning activities on the surface area and volume of three-dimensional geometry that enhanced inductive reasoning abilities among Grade 6 (Prathomsuksa VI) students, with the effectiveness meeting the 70/70 criterion; and (2) to investigate the inductive reasoning abilities and behaviors of Grade 6 students through these active learning activities. The research employed a one-group posttest-only design. The sample consisted of 24 Grade 6 students from the Demonstration School of Silpakorn University (Early Childhood and Elementary), selected through cluster random sampling. Four students were selected purposively for in-depth analysis. The research instruments included: (1) lesson plans, (2) a test measuring inductive reasoning ability, and (3) an observation checklist and a structured interview protocol for identifying inductive reasoning behaviors. The research findings revealed that: (1) the developed activities demonstrated an effectiveness of 80.24/84.15 in enhancing students' inductive reasoning abilities, which exceeded the 70/70 criterion; and (2) the students achieved scores above 70 percent of the total score, with more than 60 percent attaining this level, a result that was statistically significant at the .05 level. As students gained more experience with active learning activities that enhanced inductive reasoning, they showed improvement in identifying relationships among data that led to the formulation of conjectures. They paid more attention to reading instructions, exploring, and observing learning materials. Subsequently, they used data obtained from written notes, group discussions, or experiments to answer questions logically and to systematically relate information. In terms of conjecture formulation, students were able to write more detailed and accurate predictions by recording their observations and conjectures in personal notebooks, followed by peer discussions and verification. These conjectures were applied in calculations to verify accuracy.

Keyword : Active Learning activities, Inductive reasoning abilities, Inductive reasoning behavior, Surface area and volume of three-dimensional geometry

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ญานิน กองทิพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา หะยีสระ และ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ท่านทั้งสองได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำ งานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีรา ลำดวนหอม อาจารย์ ดร.เสริมศรี ไทยแท้ และ อาจารย์สราวุธจิต อัมพา ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการให้คำแนะนำและตรวจแก้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ศักดิ์ เฟื่องฟู ประธานสอบปากเปล่า ที่ได้ให้ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัย ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.รุ่งฟ้า จันทจักรภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญ เพี้ยซ้าย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณหทัย ฤกษ์ฤทัยรัตน์ และอาจารย์ในภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการเรียน และการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) ที่ได้ ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย และให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือ และ ขอขอบคุณอาจารย์ฐิติมา นิตกรวรากุล อาจารย์ปัทมดา สัตตภูธร และอาจารย์ปัญญา บัวสุดตา ที่ได้ ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนผู้วิจัยจนทำให้สามารถเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้ได้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ลำเจียก ว่องนิยมเกษตร และคุณณิษฐา ว่องนิยมเกษตร ซึ่งเป็น น้องสาว ที่ได้ให้กำลังใจและเป็นแรงผลักดัน สนับสนุนผู้วิจัยในการศึกษาต่อปริญญาเอกมาโดยตลอด และ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ปริญญาเอก สาขาคณิตศาสตร์ ทุกคนที่ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือจนทำให้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณปู่ย่า ตายาย บิดามารดาและครู อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัย และ ขอขอบคุณความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการทำปริญญานิพนธ์นี้ทุก ๆ ท่าน

วัชรพงษ์ ว่องนิยมเกษตร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
คำถามวิจัย.....	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย	6
ความสำคัญของการวิจัย	6
ขอบเขตของการวิจัย	6
ระยะที่ 1 สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และหาคุณภาพเครื่องมือ	6
ระยะที่ 2 สำหรับการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูป เรขาคณิตสามมิติ.....	8
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	8
แบบแผนการวิจัย	9
ตัวแปรที่ศึกษา	9

นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
สมมติฐานของการวิจัย.....	13
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	14
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก	17
1.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก.....	17
1.2 ความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก.....	18
1.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก.....	22
1.4 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก.....	24
1.5 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก.....	26
1.6 บทบาทของครูและนักเรียนของการเรียนรู้เชิงรุก	28
1.7 ลักษณะสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เชิงรุก	31
1.8 แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	32
1.9 แนวทางการพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้.....	77
ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลแบบอุปนัย	84
2.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์.....	84
2.2 ความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์.....	85
2.3 รูปแบบและความหมายของการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	86
2.4 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	88
2.5 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	89
2.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	91
2.7 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย	96

ตอนที่ 3 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	109
3.1 งานวิจัยในประเทศ.....	109
3.2 งานวิจัยต่างประเทศ.....	114
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	120
ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง	
ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสาม	
มิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	120
1.1 การกำหนดกลุ่มนำร่องที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ.....	120
1.2 การกำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง	
ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูป	
เรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	121
1.3 การกำหนดแนวทางการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล	
.....	137
1.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	142
1.5 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้และหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย.....	148
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้น	
ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้	
เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้น	
ประถมศึกษาปีที่ 6	149
2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้	
เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้	
เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและ	
ปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	149
2.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผล	
แบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่	

เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของ รูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	150
2.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล	151
2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	152
2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	153
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	154
ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสาม มิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	154
ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล	155
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย	167
ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม	175
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6	180
ตอนที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการ เรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	180
ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	183
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	246
ความมุ่งหมาย สมมติฐานและวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป	246
ความมุ่งหมายของการวิจัย	246
สมมติฐานของการวิจัย	246
วิธีการดำเนินการวิจัย	246

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย	253
ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูป เรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	253
ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูป เรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.....	254
ข้อเสนอแนะ	263
1. ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้	263
2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	263
บรรณานุกรม	264
ภาคผนวก.....	278
ภาคผนวก ก การหาคุณภาพเครื่องมือและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	279
ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย.....	290
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้.....	293
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	336
ประวัติผู้เขียน.....	312

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	44
ตาราง 2 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	54
ตาราง 3 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	65
ตาราง 4 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game Based Learning) ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	75
ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลจากการเขียนเรียงความการให้เหตุผลของ Stiggins	96
ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (อ้างอิงจาก สสวท.).....	98
ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลและคำอธิบายระดับคุณภาพ (อ้างอิงจาก สสวท.).....	100
ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านการให้เหตุผล	101
ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด เพื่อใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของจินดิษฐ์ ลออปักษิน.....	102
ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของวิชัย วงษ์ใหญ่ และ มารุต พัฒนาผล	103
ตาราง 11 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์).....	104
ตาราง 12 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์)	106

ตาราง 13 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	108
ตาราง 14 ตัวชี้วัดของสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตของเนื้อหา สาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติสำหรับงานวิจัย.....	123
ตาราง 15 คุณภาพผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาสาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและ ปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติสำหรับงานวิจัย	125
ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความ คิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ..	127
ตาราง 17 ทฤษฎีกลุ่มการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ Karl Josef Klauer.....	130
ตาราง 18 กระบวนการอุปนัยของความคล้ายคลึง ความแตกต่าง และการบูรณาการของ Contstantinos Christou and Eleni Papageorgiou	131
ตาราง 19 กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	140
ตาราง 20 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย.....	143
ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อ เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิต สามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	155
ตาราง 22 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพ รายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	156
ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อ เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิต สามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	168
ตาราง 24 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพเป็น กลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	169

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	176
ตาราง 26 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6	176
ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	181
ตาราง 28 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย	182
ตาราง 29 สรุปผลแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-15	281
ตาราง 30 ดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	283
ตาราง 31 คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน	284
ตาราง 32 ผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ	286
ตาราง 33 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ	288
ตาราง 34 คะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างครั้งที่ 1-3 และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน	291

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	14
ภาพประกอบ 2 กระบวนการสืบสวนสอบสวนเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่	33
ภาพประกอบ 3 รูปแบบทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ของการสอบสวน	62
ภาพประกอบ 4 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่ง มาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในคาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ"	190
ภาพประกอบ 5 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของนานา	191
ภาพประกอบ 6 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของสิงหา.....	192
ภาพประกอบ 7 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง.....	193
ภาพประกอบ 8 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา	194
ภาพประกอบ 9 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่ง มาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 "พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า"	196
ภาพประกอบ 10 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่ง มาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 "ปริมาตรของกรวย"	197

ภาพประกอบ 11 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียน ที่ 15 ของนานา.....	199
ภาพประกอบ 12 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของสิงหา.....	200
ภาพประกอบ 13 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระป๋อง.....	201
ภาพประกอบ 14 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถาม ใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของลานนา	202
ภาพประกอบ 15 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่ง มาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่ง ทรงกลม”	204
ภาพประกอบ 16 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของนานา	205
ภาพประกอบ 17 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของสิงหา.....	206
ภาพประกอบ 18 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของกระป๋อง.....	207

ภาพประกอบ 19 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของลานนา.....	208
ภาพประกอบ 20 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ".....	210
ภาพประกอบ 21 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของนานา.....	211
ภาพประกอบ 22 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของสิงหา	212
ภาพประกอบ 23 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง	213
ภาพประกอบ 24 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา.....	214
ภาพประกอบ 25 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด”	216
ภาพประกอบ 26 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 12กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย”	217
ภาพประกอบ 27 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของนานา.....	218

ภาพประกอบ 28 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียน ที่ 15 ของสิงหา	219
ภาพประกอบ 29 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระบี่	220
ภาพประกอบ 30 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียน ที่ 15 ของลานนา.....	221
ภาพประกอบ 31 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่าง เป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในคาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหาเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม”	222
ภาพประกอบ 32 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่18 ของน่าน.....	223
ภาพประกอบ 33 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่18 ของสิงหา	224
ภาพประกอบ 34 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่18 ของกระบี่	225
ภาพประกอบ 35 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่18 ของลานนา.....	226
ภาพประกอบ 36 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรม การเรียนรู้ คาบที่ 1 กิจกรรมที่ 1 “ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ”	228

ภาพประกอบ 37 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของนานา	229
ภาพประกอบ 38 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของสิงหา	230
ภาพประกอบ 39 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง	230
ภาพประกอบ 40 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา	230
ภาพประกอบ 41 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรม การเรียนรู้ คาบที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด”	232
ภาพประกอบ 42 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรม การเรียนรู้ คาบที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย”	234
ภาพประกอบ 43 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของนานา	235
ภาพประกอบ 44 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของสิงหา	235
ภาพประกอบ 45 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระป๋อง	235
ภาพประกอบ 46 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของลานนา	236
ภาพประกอบ 47 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรม การเรียนรู้ คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหาเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่ง ทรงกลม”	237
ภาพประกอบ 48 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของนานา	238

ภาพประกอบ 49 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของสิงหา	238
ภาพประกอบ 50 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของกระบี่	238
ภาพประกอบ 51 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 13 ของลพบุรี	239



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ครูต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะที่สำคัญและจำเป็น ทักษะการให้เหตุผลเป็นทักษะหนึ่ง ซึ่งมีความจำเป็นทั้งในการเรียนและการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การคิดวิเคราะห์ เพื่อสร้างข้อสรุป การแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ การตัดสินใจอย่างมีเหตุผล การตัดสินใจในการเลือกซื้อสินค้า เป็นต้น การพัฒนาการให้เหตุผลจึงได้รับการกำหนดไว้ในนโยบายและหลักสูตรทางการศึกษา (HaĆatjana and Namsone, 2024, p.1; วิชัย เสวกงาม, 2557, น.221) และอีกทั้งการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลในนักเรียนระดับประถมศึกษา จะช่วยพัฒนาทักษะคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และตัดสินใจอย่างมีระบบ ส่งผลต่อความเข้าใจในบทเรียน การทำงานร่วมกับผู้อื่น และการใช้เหตุผลในการดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Syafitri, Putra, and Noviana, 2020, p.157-158) ทั้งนี้สอดคล้องกับ Rohana (2015, p.106) ที่พบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลนี้เป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนในขั้นตอนของการสร้างและเปรียบเทียบความคิดจากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ประสบมา เพื่อให้นักเรียนสามารถตัดสินใจได้อย่างถูกต้องในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในทุกวิชารวมถึงวิชาคณิตศาสตร์ ควรส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผล

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องอาศัยการคิดอย่างเป็นระบบและมีเหตุผล โดยนักเรียนจำเป็นต้องใช้เหตุผลเพื่อช่วยในการเรียนรู้และแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลที่ดีจะสามารถเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น (Mutia Basra and Kms. M. Amin Fauzi, 2017, p.87; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น.143) ดังนั้นความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จึงเป็นทักษะสำคัญที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา และตัดสินใจอย่างมีระบบ ทั้งนี้ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การจัดการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะด้านนี้อย่างจริงจัง เนื่องจากการให้เหตุผลถือเป็นรากฐานของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ และช่วยเสริมสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาวิชา (ชิดกมล ทองอ่อน และดวงหทัย กาศวิบูลย์, 2564, น.25) โดยนักเรียนที่สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ อธิบายผลลัพธ์อย่างมีตรรกะ และสามารถสรุปผลจากเหตุทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง ถือว่ามีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (อิติมา อุดมพรมนตรี, 2555, น.10) ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ

3 ประการ ได้แก่ การตรวจสอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ การสร้างข้อสันนิษฐานหรือคาดการณ์ที่นำไปสู่การสรุปในลักษณะกฎเกณฑ์ทั่วไป และการอธิบายหรือยืนยันคำตอบโดยอิงเหตุผลที่มีลักษณะเชิงตรรกะหรืออิงหลักการทางคณิตศาสตร์ (ทรรศมน วินัยโกศล และไพโรจน์ น่วมนุ้ม, 2562, น.3-4) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งอาศัยการสังเกตและรวบรวมข้อมูลซ้ำ ๆ เพื่อสรุปเป็นข้อคาดการณ์ และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งใช้หลักตรรกศาสตร์อ้างอิงข้อเท็จจริงที่ยอมรับแล้วเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปใหม่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น.44-45) ทั้งนี้ การให้เหตุผลเป็นทักษะที่มีอยู่โดยธรรมชาติของมนุษย์ ซึ่งช่วยให้สามารถสร้างข้อสรุปจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น การสังเกตว่าฝนตกทำให้รถติด ซึ่งเป็นตัวอย่างของการให้เหตุผลแบบอุปนัย (เมฆลิน อมรรัตน์, 2563) สอดคล้องกับการศึกษาของ Christou and Papageorgiou (2007, pp.55-56) ที่ชี้ว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นส่วนหนึ่งของความฉลาดทางปัญญา และเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ขั้นสูง อีกทั้งยังมีการศึกษาที่สนับสนุนว่าความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยนั้นมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของมนุษย์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษาซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาความคิด ควรมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนฝึกใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีระบบและเสริมสร้างพื้นฐานของการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์อย่างยั่งยืน

ในระดับประถมศึกษา ความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนถือเป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เนื่องจากช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ สร้างความเชื่อมโยง และเข้าใจความหมายของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์เกี่ยวกับการใช้เหตุผล ได้แก่ การสรุปจากกรณีตัวอย่าง การให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งอย่างสมเหตุสมผล และการประยุกต์ใช้แบบรูปเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น.12-13) ทั้งนี้การให้เหตุผลของนักเรียนระดับประถมศึกษามักเริ่มจากเหตุผลง่าย ๆ ที่ไม่เป็นทางการ และพัฒนาไปสู่ความคิดที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรมมากขึ้น การส่งเสริมการให้เหตุผลสามารถทำได้ผ่านกิจกรรมหลากหลาย เช่น การจำแนก การเปรียบเทียบ การวิเคราะห์ การอนุมาน และการพิสูจน์ ซึ่งควรเริ่มจากการให้เหตุผลแบบอุปนัย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547, น.7-8) โดยเฉพาะในสาระเรขาคณิตซึ่งเหมาะอย่างยิ่งต่อการใช้กระบวนการนี้ ตัวอย่างจากหนังสือคู่มือครู รายวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (สถาบัน

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563, น.123-131) แสดงให้เห็นถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยให้นักเรียนสังเกตความเหมือนและความต่างของแบบจำลองรูปเรขาคณิตสามมิติเพื่อสร้างความคิดรวบยอด ซึ่งสะท้อนถึงการใช้กระบวนการให้เหตุผลจากสิ่งที่เป็นรูปธรรมไปสู่นามธรรม ทั้งนี้ สาระเรขาคณิตเป็นสาระพื้นฐานที่ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้ในหลักสูตรคณิตศาสตร์ และมีการระบุคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ว่าต้องสามารถอธิบายลักษณะของรูปเรขาคณิต หาความยาวรอบรูป พื้นที่ ปริมาตร และนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น.2-4) อย่างไรก็ตาม จากผลการสอบ O-NET ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในช่วงปีการศึกษา 2561–2564 พบว่าคะแนนเฉลี่ยของสาระเรขาคณิตมีค่าต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยเฉลี่ยเพียง 34.19 คะแนนจากคะแนนเต็ม 100 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2565) และจากการวิเคราะห์ข้อสอบปี 2564 พบว่า ข้อสอบเรื่องปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากมีผู้ตอบถูกเพียงร้อยละ 8.97 ของผู้เข้าสอบทั้งหมด ซึ่งอาจสะท้อนว่านักเรียนยังขาดการใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยในการสร้างข้อสรุปเพื่อนำไปสู่การหาคำตอบ ครูจึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อยกระดับความเข้าใจทางเรขาคณิตและส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมของผู้เรียน รวมถึงควรใช้สื่อการเรียนรู้ของจริง ผูกสร้างข้อสรุปจากตัวอย่างของจริงหรือรูปภาพ ได้เป็นอย่างดีมีเหตุผล และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา ด้วยเหตุนี้การจัดการเรียนรู้ควรเริ่มจากการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างง่ายบนเนื้อหาสาระที่ใกล้ตัวและสิ่งของหรือรูปภาพที่พบเห็นในชีวิตประจำวันอย่างเรขาคณิต

เรขาคณิตมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากมนุษย์ใช้ความรู้ทางเรขาคณิตในการอธิบายและทำความเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว หลายครั้งความคิดหรือสิ่งที่ต้องการสื่อสารสามารถแทนได้ด้วยรูปเรขาคณิต ซึ่งนอกจากจะช่วยพัฒนาทักษะด้านการคิดเชิงพื้นที่แล้วยังช่วยส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในเรื่องอื่น ๆ (อภิญา กาลมงคล และหล้า ภวภูตานนท์, 2554, น.175) สอดคล้องกับแนวคิดของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics, 2000, p. 3) ที่ให้ความสำคัญกับสาระเรขาคณิตว่า เป็นพื้นฐานให้นักเรียนเรียนรู้การพิสูจน์ทฤษฎีทางเรขาคณิต เข้าใจและวิเคราะห์ลักษณะของรูปทรง และสร้างข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์โดยใช้กระบวนการนึกภาพ (visualization) การให้เหตุผลเชิงมิติสัมพันธ์ (spatial reasoning) และการใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (geometric modeling) เพื่อแก้ปัญหา ทั้งยังระบุว่า เรขาคณิตเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนเป็นผู้มีวิจารณญาณ มีเหตุผล และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ

เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทชีวิตจริงอย่างมีประสิทธิภาพ (National Council of Teacher of Mathematics, 2000, p.157) รวมถึงได้กำหนดให้การให้เหตุผลและการพิสูจน์เป็นหนึ่งในมาตรฐานสำคัญของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์โดยเฉพาะในระดับประถมปลายถึงมัธยมต้น (เกรด 5–8) ซึ่งนักเรียนควรสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย สร้างและตรวจสอบข้อคาดการณ์หรือข้อโต้แย้ง และเห็นคุณค่าของกระบวนการให้เหตุผลว่าเป็นส่วนสำคัญของคณิตศาสตร์ (National Council of Teacher of Mathematics, 2000, p.29) ซึ่งช่วงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จัดอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะดังกล่าว ทั้งในด้านช่วงวัยและพัฒนาการทางสติปัญญา ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ โดยเด็กอายุ 11–12 ปี อยู่ในช่วงปลายของขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete Operational Stage) ซึ่งสามารถสร้างภาพในใจ เข้าใจความสัมพันธ์ และคิดย้อนกลับได้ รวมถึงเริ่มเข้าสู่ขั้นการคิดเชิงนามธรรม (Formal Operational Stage) ซึ่งเด็กสามารถตั้งสมมติฐานและใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (ทิศนา แหมมณี, 2558, น. 64-65) ดังนั้น แนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง และใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับสิ่งที่ได้กระทำลงไป จึงสอดคล้องอย่างยิ่งกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มุ่งพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางเรขาคณิตให้เกิดขึ้นในผู้เรียนระดับประถมศึกษา

ผลการศึกษาความคิดเห็นและผลการสัมภาษณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่เคยเรียนเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวมยังไม่สามารถตอบสนองต่อการสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้อย่างเต็มที่ กล่าวคือ นักเรียนมีโอกาสด้านการแสดงความคิดเห็น การอภิปรายกลุ่ม และการใช้เหตุผลเพื่อสร้างข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ด้วยตนเองค่อนข้างน้อย อีกทั้งการใช้สื่อที่เป็นของจริงเพื่อเสริมความเข้าใจในเนื้อหา ยังมีไม่เพียงพอ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้กับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถตอบโจทย์ต่อข้อจำกัดดังกล่าวได้ โดยการจัดการเรียนรู้เชิงรุกจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เกิดการคิดขั้นสูง คิดเป็นเหตุเป็นผล ช่างสังเกต แสวงหาข้อสรุป เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้และมีความรับผิดชอบร่วมกัน แนวทางการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง ซึ่ง Prince and Felder (2007, p.14) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน และแบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบอุปนัย นอกจากนี้แล้วการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

สามารถทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ข้อสรุปจากการเล่นเกม และฝึกการทำงานร่วมกัน (กุลิศา จิตรขญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ, 2563, น.80) รวมถึงการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ที่แบ่งกลุ่มและมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยแล้วไปแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นกลับมามีบทบาทให้กลุ่มบ้านของตนเองเข้าใจในเนื้อหาทั้งหมด เพื่อข้อสรุปร่วมกันของกลุ่ม และส่งเสริมการแสดงความคิดเห็นของตนเอง (ภควดี สุดสงวน, 2563, น.153) ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวทั้งหมดจะช่วยให้ นักเรียนค้นพบและสร้างข้อสรุปได้ด้วยตนเองจากการลงมือปฏิบัติจริงผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก และได้รับการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผล

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้แก่ การเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW เพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อีกทั้งเป็นข้อมูลสำหรับครูในการทำความเข้าใจลักษณะและรูปแบบการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดวิธีการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลที่ส่งเสริมให้นักเรียนแต่ละคนพัฒนาการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม และเต็มศักยภาพทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย และนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

คำถามวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ควรเป็นอย่างไร
2. ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จะเป็นอย่างไร
3. พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผ่านการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จะเป็นอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
2. เป็นแนวทางสำหรับครูในการเสริมสร้างกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
3. เป็นแนวทางของนักวิจัยในการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเนื้อหาสาระเรขาคณิตในหัวข้อต่าง ๆ รวมถึงเนื้อหาสาระอื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

ระยะที่ 1 สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และหาคุณภาพเครื่องมือ

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) จำนวน 2 ห้อง โดยมีกลุ่มนำร่องเป็นนักเรียนจำนวน 1 ห้อง ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 22 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย และเป็น

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยจะนำนักเรียนทั้ง 22 คนไปใช้ในการหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ โดยพิจารณาจากคะแนนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2565 แล้วแบ่งเป็น ควอไทล์ที่ 1 ถึง ควอไทล์ที่ 3 ($Q_1 - Q_3$) จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูง คือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า Q_3 กลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ Q_1 ถึง Q_3 และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ คือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า Q_1 โดยให้นักเรียนในการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ดังนี้

1.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคลโดยให้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ โดยสุ่มนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 1 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน นำมาจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยโดยให้นักเรียนจำนวน 8 คน (กลุ่มละ 4 คน) ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ นำมาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนที่ได้จากการเลือกในข้อ 1.1 เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนามโดยให้นักเรียนจำนวน 11 คน (กลุ่มละ 4 คน จำนวน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 3 คน จำนวน 1 กลุ่ม) ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 1 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนที่ได้จากการเลือกในข้อ 1.1 และ 1.2 เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระยะที่ 2 สำหรับการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ประถมวัยและประถมศึกษา) เป็นนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 24 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย และเป็นนักเรียนของห้องเรียนที่ไม่ใช่ห้องเรียนเดียวกับห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มนำร่อง จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยพิจารณาจากคะแนนดิบของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มาจัดแบ่งเป็น ควอไทล์ที่ 1 ถึงควอไทล์ที่ 3 ($Q1 - Q3$) เพื่อแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูง คือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า $Q3$ กลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ $Q1$ ถึง $Q3$ และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ คือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า $Q1$ หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน

นอกจากนี้ผู้วิจัยร่วมกับครูประจำชั้น คัดเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Student) จำนวน 4 คน โดยการใช้การเลือกแบบเจาะจงรวมกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียน เพื่อช่วยในการคัดเลือกนักเรียนที่มีความเชื่อมั่นกล้าแสดงออก สามารถสื่อสารได้ และนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ ซึ่งเป็นนักเรียนจากกลุ่ม ที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในสาระการวัดและเรขาคณิต เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ของนักเรียนไม่เกินระดับ

มัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้

แบบแผนการวิจัย

การเก็บรวบรวมข้อมูลของงานวิจัยครั้งนี้ ใช้แบบแผนการวิจัย แบบ One-Group Posttest-Only Design ซึ่งเป็นแบบแผนการวิจัยที่เลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว มีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มตัวอย่างและทำการทดสอบหลังการทดลอง แล้วพิจารณาผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากผลการทดลอง

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.2 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) หมายถึง การจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น ตั้งข้อสังเกตและข้อสงสัย ผ่านกิจกรรมที่ทำท่าย พยายามสืบเสาะแสวงหาความรู้หรือข้อสรุป เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ อยู่บนพื้นฐานของความรับผิดชอบร่วมกัน และมีวินัย ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ดังนี้

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สืบเสาะแสวงหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ถูกต้อง เน้นการพัฒนานักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีบทบาทเป็นผู้จัดการการเรียนรู้ และเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีระบบ โดยจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายของความสามารถเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน นักเรียนแต่ละคนจะศึกษาหัวข้อย่อยในบทบาทของผู้เชี่ยวชาญ แล้วถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มบ้านของตน กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสาร การให้เหตุผล ความรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์และการอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งหมายให้นักเรียนค้นพบความรู้ หรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ตั้งคำถาม ปัญหา หรือกำหนดสถานการณ์ปัญหาแล้วให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งครูเป็นผู้ให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้

1.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระต่าง ๆ ผ่านการเล่นเกมตามกติกาและข้อตกลงอย่างสนุกสนาน กระตุ้นความสนใจและท้าทายความสามารถของผู้เรียน ทำให้ได้รับประสบการณ์ตรงและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) หมายถึง กระบวนการในการอธิบายเหตุผลที่ได้สังเกตจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือข้อเท็จจริงที่น่าเชื่อถือในรูปของข้อความคาดการณ์

3. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 แผน ซึ่งแต่ละแผนใช้เวลาคาบเรียนละ 50 นาที ขึ้นอยู่กับแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบ ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยและกระบวนการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่

การสร้างและเขียนข้อความคาดการณ์รวมถึงการทำงานร่วมกันกับผู้อื่นมีการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์กับสมาชิกในกลุ่มช่วยให้มีความเข้าใจในตนเองและผู้อื่น

4. ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง คะแนนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในด้านต่อไปนี้

4.1 ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยพิจารณาความสามารถ การแสดงแนวคิดของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไป

4.2 ด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ โดยพิจารณาความสามารถ การแสดงแนวคิดของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ ที่ได้สังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ นำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือซึ่งเรียกข้อสรุปดังกล่าวว่า ข้อความคาดการณ์ แต่ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แล้วยังไม่พบข้อขัดแย้ง

โดยแต่ละด้านพิจารณาจาก

1) คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล (การทดสอบย่อย) ในชั้นเรียนซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของคะแนนเต็ม ประกอบด้วย

- 1.1) คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม
- 1.2) คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม
- 1.3) คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 20 ของคะแนนเต็ม

2) คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (หลังการทดลอง) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 40 ของคะแนนเต็ม

5. พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง การแสดงออกของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในด้านต่อไปนี้

5.1 ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไป

5.2 ด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ โดยพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ที่ได้สังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ

นำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือซึ่งเรียกข้อสรุปดังกล่าวว่า ข้อความคาดการณ์แต่ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แล้วยังไม่พบข้อขัดแย้ง แต่ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง และไม่พบข้อขัดแย้ง

ในการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยพิจารณา

1) ผลงานเขียนจากใบกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างและเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรมของผู้วิจัยและผู้ช่วยสังเกตโดยมีแบบสังเกตพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย และกล้องวิดีโอช่วยในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมเหล่านั้น

6. แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง แบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยโดยใช้ความรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 ข้อ โดยแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์

7. แบบสังเกตพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง แบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้บันทึกพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ขณะลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยแบบตรวจสอบรายการ (Check List) และแบบบันทึกภาคสนาม (Field Note)

8. แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หมายถึง แบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสอบถามเชิงลึกเกี่ยวกับการแสดงออกในด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และในด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นนักเรียนเป้าหมายแต่ละคน หลังสิ้นสุดคาบเรียนในแต่ละครั้ง โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังสิ้นสุดคาบเรียนในแต่ละครั้ง

9. ประสิทธิภาพของเครื่องมือ หมายถึง คุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อได้นำกิจกรรมไปใช้ในชั้นเรียน นักเรียนสามารถเรียนรู้จนบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้ โดยประสิทธิภาพของกิจกรรมได้รับการประเมินผ่านค่าดัชนี E1/E2 ในการวิจัยครั้งนี้ โดยที่

E_1 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3

E_2 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ หลังเรียน

โดยมีเกณฑ์การตัดสิน E_1/E_2 เป็น 70/70 สำหรับการพิจารณาตรวจสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

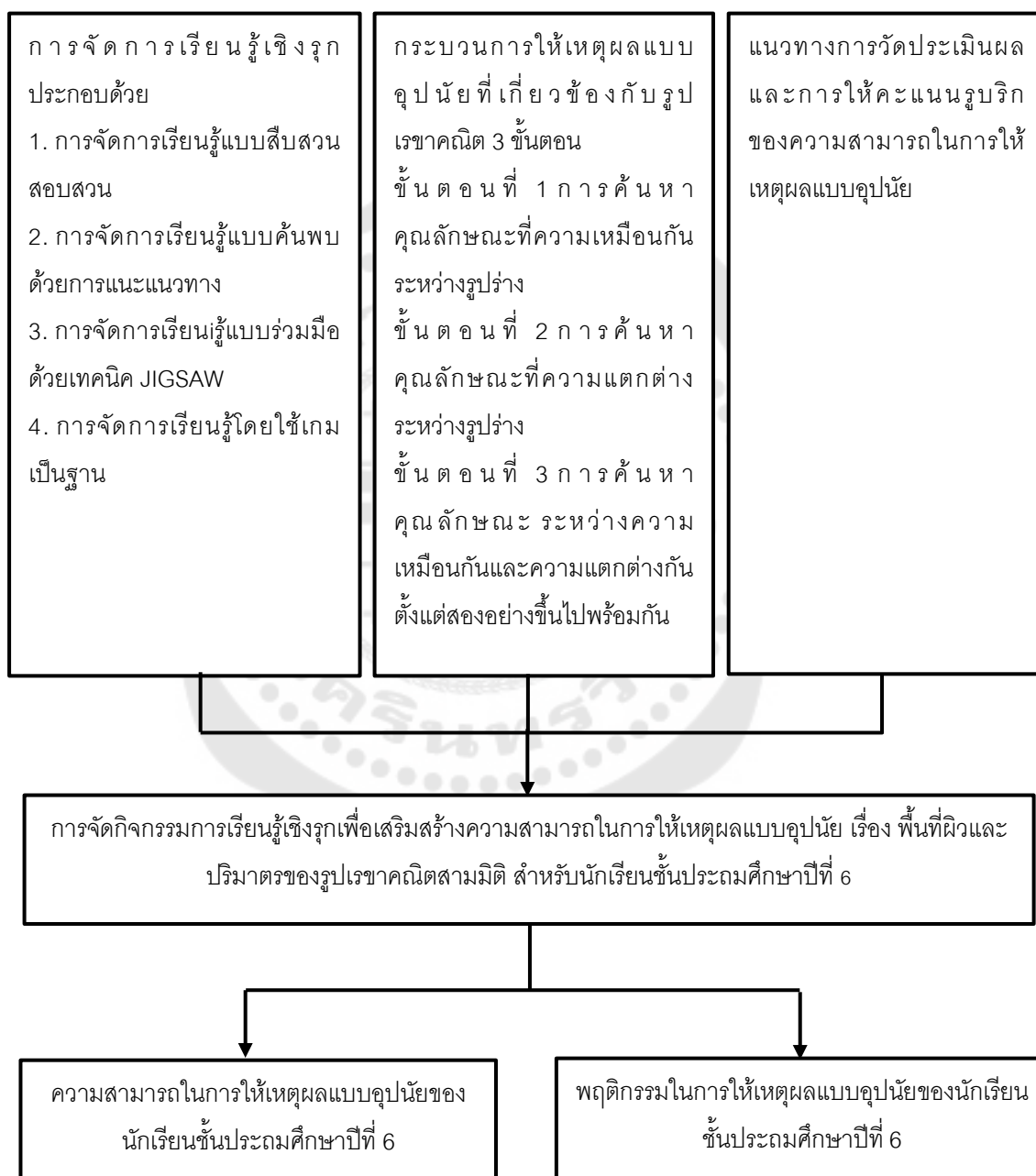
สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงรุก

- 1.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.2 ความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.4 องค์ประกอบของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.5 ขั้นตอนของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.6 บทบาทของครูและนักเรียนของการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.7 ลักษณะสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เชิงรุก
- 1.8 แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบ

อุปนัย

- 1.8.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry based learning)
- 1.8.2 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative learning)
- 1.8.3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided discovery learning)
- 1.8.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game based Learning)
- 1.9 แนวทางการพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้
- 1.9.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ
- 1.9.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ
- 1.9.3 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลแบบ

อุปนัย

- 2.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
- 2.2 ความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์
- 2.3 รูปแบบและความหมายของการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.4 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.5 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.7 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ตอนที่ 3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยในประเทศ

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ



ตอนที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะที่หลากหลาย แนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกจึงเป็นแนวทางสำคัญที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างแท้จริง โดยเน้นการลงมือปฏิบัติ การคิดวิเคราะห์ และการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งเอื้อต่อการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในรายวิชาคณิตศาสตร์ การเรียนรู้เชิงรุกมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความสามารถด้านการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งอาศัยการสังเกต การวิเคราะห์ และการสรุปอย่างเป็นระบบ เนื้อหาในตอนนี้จึงนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงรุกในประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความหมาย ความสำคัญ ลักษณะเฉพาะ องค์ประกอบ ขั้นตอน บทบาทของครูและนักเรียน สภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ แนวทางการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัย และแนวทางการพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรม ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก

ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา มีผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุกหรือที่เรียกว่า Active Learning โดยได้ให้ความหมายและคำจำกัดความเพื่ออธิบายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอความหมายของการเรียนรู้เชิงรุก ไว้ดังต่อไปนี้

การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของผู้เรียนในการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง โดยผู้เรียนไม่ได้เป็นเพียงผู้รับสารจากครูเท่านั้น แต่ต้องมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติจริง ผึกคิดอย่างมีระบบ และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนและครูอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งลักษณะของกิจกรรมการเรียนการสอนมักออกแบบให้ครอบคลุมกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาอย่างมีจุดมุ่งหมาย (Charles, C. Bonwell and Tracey, E. Sutherland, 1996, p.3)

ผู้เรียนจะถูกกระตุ้นให้มีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้จากการจัดกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ สังเคราะห์ การอภิปราย การทำกรณีศึกษา หรือกิจกรรมกลุ่มย่อย ซึ่งช่วยส่งเสริมทักษะการคิดระดับสูง ทักษะการสื่อสาร และทักษะทางสังคม เป็นต้น (วิภาพรรณ พินลา และวิภาดา พินลา, 2563, น.3) โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ สร้างบรรยากาศที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกล้าแสดงออก และร่วมมือกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ (กมล โพธิ์เย็น, 2564, น.15)

นอกจากนี้ วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล (2561, น.11-12) ยังได้อธิบายว่า Active Learning เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนผู้เรียนจากผู้รับความรู้แบบ Passive ให้กลายเป็นผู้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา เป็นต้น พร้อมทั้งมุ่งเน้นการพัฒนาคุณลักษณะที่พึงประสงค์และสมรรถนะที่จำเป็น เช่น การเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเรียนรู้ เป็นต้น

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) หมายถึง การเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง เกิดความรู้สึกรู้สึกตื่นเต้นและท้าทาย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง คิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล ช่างสังเกตและช่างสงสัย เกิดความอยากรู้อยากเห็น พยายามสืบเสาะแสวงหาความรู้หรือข้อสรุป เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่อง แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน มีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนรู้ และอยู่บนพื้นฐานของความรับผิดชอบร่วมกัน

1.2 ความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการจัดการเรียนรู้เชิงรุก มีบทบาทและความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในเป็นอย่างมาก ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก ดังนี้

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557, น.5-6) กล่าวว่า ความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุกมีดังนี้

1) ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการคิดที่เป็นอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคิดวิเคราะห์การแก้ปัญหาและคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากนักเรียนมีโอกาสในการฝึกปฏิบัติและพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงมากขึ้น ครูจะเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เกิดทักษะเหล่านี้ผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนเกิด การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์หรือการประยุกต์นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในโลกความจริง คั่นระหว่างการบรรยายหรือการมอบหมายงานเป็นรายบุคคล งานกลุ่มย่อย หรืองานที่มอบหมายให้ทำร่วมกันทั้งชั้นเรียน เช่น การมอบหมายให้ทำร่วมกันทั้งชั้นเรียน การมอบหมายให้แก้ปัญหาจากสถานการณ์หรือกรณีศึกษา เป็นต้น นอกจากนี้การฝึกให้นักเรียนได้อภิปรายโต้แย้งก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ช่วยพัฒนาการคิดขั้นสูงและทักษะการให้เหตุผลอย่างมีตรรกะ ซึ่งครูทำได้โดยการมอบหมายให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรือทัศนคติได้หลายรูปแบบอาจจะเป็นการเขียนโดยใช้เวลาสั้นๆ 5-10 นาที หรือเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นด้วยการจัดโต๊ะที่ระหว่างกลุ่มย่อยหรือแสดงทัศนคติร่วมกันทั้งชั้นเรียน ซึ่งครูสามารถเลือกใช้ได้มากกว่า 1 เทคนิค

2) ส่งเสริมให้เกิดการทำงานแบบร่วมมืออย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้านักเรียนผ่านการฝึกปฏิบัติอย่าง

สม่ำเสมอและด้วยวิธีการที่ถูกต้อง จะช่วยให้เกิดทักษะการทำงานแบบร่วมมืออย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เวลาช่วงสั้นๆในการพูดคุย คิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการทำงานแบบร่วมมือ เช่นกิจกรรมที่มีการอภิปรายหรือลงมือปฏิบัติแบบกลุ่มย่อยหรือกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนจับคู่ร่วมกันคิดคำตอบหรือแก้ปัญหาในเวลาสั้นๆ 1-5 นาที ถ้าการบรรยายได้ใช้เทคนิคร่วมด้วยจะช่วยเพิ่มความจำความเข้าใจ เพิ่มทักษะการสื่อสาร การสร้างความตระหนักและเห็นคุณค่าของเพื่อนร่วมงานแต่เทคนิคนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้มากขึ้นก็ต่อเมื่อมีการเฉลยคำตอบร่วมการวิเคราะห์ที่แสดงเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่ถูกต้องและให้เหตุผลด้วยว่าเพราะเหตุใดคำตอบหรือการแก้ปัญหาจึงไม่ถูกต้อง

3) เพิ่มแรงจูงใจและความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียน การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมแสดงความคิดเห็นต่อเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์การเรียนรู้และการร่วมพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกหัวเรื่องในการอภิปรายหรือการประยุกต์ความรู้สู่การแก้ปัญหาในเรื่องที่พวกเขาสนใจ การมีส่วนร่วมในลักษณะนี้จะช่วยเพิ่มระดับความสนใจ ความกระตือรือร้นของนักเรียน ซึ่งการที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจ กระตือรือร้น และร่วมสร้างบรรยากาศของการเรียนรู้นั้นเท่ากับเป็นการเพิ่มขีดความสามารถด้านความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งนักเรียนจะมีทางเลือกมากขึ้นในการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียน

องค์การการศึกษา วิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (UNESCO) ได้เสนอหลักการพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิตไว้ในรายงาน Learning: The Treasure Within ซึ่งประกอบด้วย “สี่เสาหลักทางการศึกษา” (The Four Pillars of Education) ดังนี้

1) การเรียนรู้เพื่อรู้ (Learning to Know) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้ การแสวงหาความรู้ และวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้สามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ตลอดชีวิต โดยเน้นการฝึกสติ สมาธิ ความจำ ความคิด รวมถึงการผสมผสานกับสภาพจริงและประสบการณ์จากการปฏิบัติ

2) การเรียนรู้เพื่อปฏิบัติ (Learning to Do) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความสามารถ ทักษะ ความชำนาญ และสมรรถนะด้านวิชาชีพ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น ปรับใช้ความรู้เข้าสู่การปฏิบัติงานและอาชีพได้อย่างเหมาะสม โดยเน้นการบูรณาการระหว่างทฤษฎีกับประสบการณ์จริงในสังคม

3) การเรียนรู้เพื่อชีวิต (Learning to Be) เป็นการเรียนรู้ที่พัฒนาผู้เรียนอย่างรอบด้าน ทั้งด้านจิตใจ ร่างกาย สติปัญญา ความคิดสร้างสรรค์ ภาษา และวัฒนธรรม เพื่อการ

เติบโตเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ มีคุณธรรม จริยธรรม มีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม เข้าใจตนเองและผู้อื่น และสามารถปรับตัวได้อย่างเหมาะสม

4) การเรียนรู้เพื่ออยู่ร่วมกัน (Learning to Live Together) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตร่วมกับผู้อื่นในสังคมพหุวัฒนธรรมอย่างมีความสุข โดยมีความตระหนักในการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน สามารถจัดการความขัดแย้งด้วยสันติวิธี เคารพสิทธิและศักดิ์ศรีของผู้อื่น และเข้าใจความหลากหลายทางวัฒนธรรม ประเพณี และความเชื่อ

ทั้งนี้ กระบวนการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเสาหลักทั้งสี่ประการ ควรมีลักษณะสำคัญ ดังต่อไปนี้

1) การเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีบทบาทในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้น โดยมีความสนใจและความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง

2) การจัดการเรียนรู้โดยเน้นกิจกรรม (Activity-Based Learning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมผ่านการลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้กระบวนการคิดและการเรียนรู้ที่มีระบบ ควบคู่ไปกับการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น เพื่อส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและยั่งยืน

3) การเรียนรู้เพื่อการเปลี่ยนแปลง (Transformative Learning) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงจากภายใน เช่น การเปลี่ยนแปลงระบบคิด วิธีคิด และกระบวนการคิด โดยเน้นให้ผู้เรียนตระหนักว่าการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาตนเองและสังคม

4) การสร้างความตระหนักในตนเอง (Actualizing Tendency) เป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบและประเมินตนเอง รวมถึงการถอดบทเรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Delors, J., and International Commission on Education for the Twenty-first Century, 1996, pp.86-92)

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, น.92) กล่าวว่า มีนักการศึกษาหลายคนได้ให้ความหมายของคำว่า Active Learning เป็นภาษาไทยไว้มากมาย เช่น การเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้กัมมันตภาพ การเรียนรู้แบบใฝ่รู้ เป็นต้น ไม่ว่าจะเรียกชื่อใดก็ตาม แนวคิดของ Active Learning ล้วนเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยได้รับการสนับสนุนจากปรัชญาทฤษฎี และแนวคิดทางการศึกษาที่สำคัญ ได้แก่

1) ปรัชญาการศึกษาพิพัฒนาการนิยม (Progressivism) ซึ่งมีพื้นฐานแนวคิดจาก John Dewey ที่เชื่อมั่นในกระบวนการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ให้อิสระผู้เรียนในการคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ และแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

2) ทฤษฎีสรคินิยม (Constructivism) หรือทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งเป็นแนวคิดทางปัญญานิยม โดยนักจิตวิทยาสำคัญ ตัวอย่างเช่น เพียเจต์ (Piaget) และไวโกทสกี (Vygotsky) เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการทางความคิดของแต่ละบุคคล ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้น ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์ มากกว่าการรับรู้แบบเจียบเจียบจากครู

3) แนวคิดการเรียนรู้แบบรวมพลัง (Collaborative Learning) เป็นแนวทางที่เน้นการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างผู้เรียนที่มีเป้าหมายร่วมกัน โดยจัดกลุ่มผู้เรียนให้มีความหลากหลายด้านความสามารถ ความสนใจ และความถนัด เพื่อให้เกิดการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะการส่งเสริมให้ผู้เรียนที่มีความสามารถสูงได้ช่วยเหลือผู้เรียนที่ต้องการการสนับสนุนเพิ่มเติมให้บรรลุเป้าหมายของการเรียนรู้ร่วมกัน

ต่อมา วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2558, น.15-17) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดการเรียนรู้ในยุคใหม่ โดยเน้นว่าผู้เรียนต้องมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้น ใช้กระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง โดยสามารถวางแผนและพัฒนาตนเองได้ ขณะที่บทบาทของครูเปลี่ยนเป็น โค้ชการเรียนรู้ (learning coach) ที่ลดการบรรยาย และเพิ่มบทบาทในการเปิดพื้นที่การเรียนรู้ กระตุ้นและส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนอย่างเต็มที่ อีกทั้งยังต้องทำหน้าที่เรียนรู้ไปพร้อมกับผู้เรียน (teacher as learner) และแสดงภาวะผู้นำเชิงวิชาการ (academic leadership) ที่ประกอบด้วยคุณงามความดีทางวิชาการ (academic charisma) มีคุณธรรม จริยธรรม และความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้ เพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิต

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ความสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติกิจกรรมมากกว่าเป็นผู้รับฟังความรู้จากครูเพียงผู้เดียว นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ผ่านการบ่มเพาะคุณลักษณะอันพึงประสงค์ นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานและร่วมมือทำงานกับผู้อื่น และทำงานอย่างมีชีวิตชีวาอย่างเต็มตัว

1.3 ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุกไว้ดังนี้

หน่วยวิจัยแพทยศาสตรศึกษา (2559, น.3) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้เชิงรุก ว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติอย่างมีความหมาย โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง ซึ่งมีลักษณะสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

- 1) ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญและมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ตลอดกระบวนการเรียนรู้
- 2) กระบวนการเรียนรู้ส่งเสริมความรับผิดชอบร่วม การมีระเบียบวินัย และการทำงานเป็นทีมอย่างเป็นระบบ
- 3) ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะทั้งการอ่าน การพูด การฟัง และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รวมถึงสามารถจัดระบบการเรียนรู้ของตนเอง
- 4) ผู้เรียนมีโอกาสในการประยุกต์และบูรณาการข้อมูล ความรู้ และแนวคิดหลักจากแหล่งต่าง ๆ
- 5) บทบาทของครูคือการอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
- 6) ความรู้ที่เกิดขึ้นมาจากการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง การสร้างองค์ความรู้ และการสรุปผลจากการเรียนรู้ของผู้เรียนเอง

สุพรรณิ ขาญประเสริฐ (2557, น.3-6) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ว่ามีองค์ประกอบสำคัญที่สะท้อนการมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ในทุกมิติ โดยประกอบด้วยแนวทางหลัก ดังนี้

- 1) การจัดกิจกรรมที่ให้น้ำหนักกับบทบาทของผู้เรียนเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการเรียนรู้
- 2) มุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถใช้ศักยภาพของตนได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะการคิดในระดับสูง
- 3) การเรียนรู้เน้นกิจกรรมที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ คิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหา ร่วมกันในลักษณะของการทำงานเป็นทีม

4) ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก ออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะสำคัญ อาทิ การอ่าน ฟัง เขียน การแสดงความคิดเห็น และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

5) ผู้เรียนมีเสรีภาพและมีส่วนร่วมอย่างมากในกระบวนการเรียนรู้ รวมถึงสามารถจัดการระบบการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2562) กล่าวว่า ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ดังนี้

1) ส่งเสริมการคิดขั้นสูงและการกำกับตนเอง ผู้เรียนมีอิสระในการคิดและตัดสินใจ พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ วิจารณ์ญาณ และความคิดสร้างสรรค์ ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง โดยเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Metacognition)

2) พัฒนาทักษะการทำงานร่วมกัน การเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมส่งเสริมความร่วมมือในกลุ่ม ซึ่งช่วยให้เกิดความสำเร็จร่วมกันและพัฒนาทักษะทางสังคม

3) เพิ่มแรงจูงใจและความรับผิดชอบในการเรียนรู้ ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในกิจกรรมที่หลากหลายตามความสนใจและถนัด ทำให้เกิดความตั้งใจในการเรียนรู้และมุ่งสู่ความสำเร็จ

4) ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกวิธีการเรียนรู้ตามความถนัดและศักยภาพ โดยสอดคล้องกับแนวคิดพหุปัญญา (Multiple Intelligences) ในขณะที่ครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกและพัฒนาตนเองไปพร้อมกับผู้เรียน

5) ส่งเสริมการเรียนรู้ที่ยั่งยืน การเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและการมีปฏิสัมพันธ์ ช่วยให้ผู้เรียนจดจำความรู้ได้ในระยะยาว เพราะเชื่อมโยงกับการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำระยะยาว

Bonwell, C. C., and Eison, J. A. (1991, pp.5-6) ได้ให้ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning ดังนี้

1) ลดการถ่ายทอดเนื้อหาแบบบรรยาย การเรียนรู้เชิงรุกลดการให้ข้อมูลโดยตรงจากครูเพียงฝ่ายเดียว และเพิ่มกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2) ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริงมากกว่าการฟังอย่างเดียว ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมโดยตรง เช่น ผ่านการอ่าน เขียน ทดลอง และอภิปราย

3) เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ควรกระตุ้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์อย่างกระตือรือร้น

4) ส่งเสริมการสำรวจเจตคติและคุณค่าภายในของผู้เรียน ผู้เรียนจะได้มีโอกาส ทบทวนตนเองและสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับค่านิยมของตน

5) เน้นการประเมินผลในระดับการคิดขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่าความรู้

6) มีการให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งจากครูและผู้เรียน การสะท้อนคิดและการอภิปราย ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดของตนอย่างต่อเนื่อง

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงรุก Active Learning หมายถึง การเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีบทบาทอย่างหลากหลายในการเข้าร่วมกิจกรรม ส่งเสริมให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ทั้งในกลุ่มผู้เรียนด้วยกันเอง และระหว่างผู้เรียนกับครู โดยครูทำหน้าที่เป็น ผู้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้และเป็นแนวร่วมในการส่งเสริมพัฒนาการทางวิชาการของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการฟัง การพูด การอ่าน การคิด และการเขียนผ่านการลงมือปฏิบัติจริงในกิจกรรมที่จัดขึ้น ด้วยวิธีการดังกล่าว ผู้เรียนจึงได้พัฒนาทักษะการสื่อสารและการคิดวิเคราะห์ให้ลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น ตลอดจนเกิดทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้และมีแรงจูงใจภายในในการศึกษาอย่างต่อเนื่อง

1.4 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึง องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ดังนี้

สำหรับองค์ประกอบของการเรียนรู้เชิงรุก Mayer and Jones (1993 pp.19-20 อ้างถึงใน สุภัทรา ภูษิตรัตนวลี, 2560, น.16) ได้เสนอว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกประกอบด้วย องค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ ปัจจัยพื้นฐาน กลวิธีในการเรียนรู้ และทรัพยากรทางการสอน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปัจจัยพื้นฐาน (Basic Elements) หมายถึง องค์ประกอบสำคัญที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง ซึ่งประกอบด้วยทักษะด้านการสื่อสาร เช่น การพูดและการฟัง เป็นต้น ที่ช่วยให้ครูสามารถเข้าถึงแนวคิดของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน ครูจึงควรแสดงออกเป็นแบบอย่างในการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดอย่างอิสระ ในกรณีที่นักเรียนยังไม่เข้าใจเนื้อหา ครูควรให้ความช่วยเหลือเพิ่มเติมด้วยการอธิบายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น การเขียนมีบทบาทในการจัดระบบความคิดของผู้เรียน และสะท้อนถึงความเข้าใจที่แท้จริง ขณะที่การอ่านช่วยเสริมสร้างการคิดขั้นสูงโดยเชื่อมโยงสารสนเทศจากแหล่ง

ต่าง ๆ เพื่อขยายกรอบความรู้ และการสะท้อนความคิด (reflection) เป็นกระบวนการสำคัญที่เอื้อให้ผู้เรียนได้ทบทวนและพัฒนาความเข้าใจของตนเองอย่างลึกซึ้งทางสติปัญญา

2) กลวิธีในการเรียนรู้ (Learning Strategies) หมายถึงวิธีการที่ส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างหลากหลาย เช่น การเรียนรู้ผ่านกลุ่มขนาดเล็ก การทำงานร่วมกัน การวิเคราะห์กรณีศึกษา การจำลองสถานการณ์ การอภิปราย การแก้ปัญหา และการเขียนบทความ ซึ่งล้วนเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ ฝึกทักษะการคิด การสื่อสาร และการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง

3) ทรัพยากรทางการสอน (Teaching Resources) เป็นปัจจัยสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย การอ่าน การมอบหมายงานหรือการบ้าน วิทยากรภายนอก การใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน การจัดเตรียมสื่อและอุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ ตลอดจนการใช้สื่อโทรทัศน์ทั้งในเชิงพาณิชย์และเพื่อการศึกษา ทั้งนี้ ทรัพยากรเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างการเรียนรู้เชิงรุกให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ที่หลากหลายและสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างรอบด้าน

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2563, น.18-20) ได้เสนอแนวคิดว่าการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีประสิทธิภาพ ควรตั้งอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (Active Learning) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้านที่สัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ได้แก่ การตื่นตัวทางกาย ทางสติปัญญา ทางสังคม และทางอารมณ์ โดยการออกแบบกิจกรรมที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในทุกด้านนี้ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง และนำไปสู่การเรียนรู้อย่างแท้จริง อันแตกต่างจากการเรียนรู้แบบเชิงรับที่ผู้เรียนมีบทบาทน้อยในการสร้างองค์ความรู้ของตน

1) การตื่นตัวทางกาย (Physically Active) หมายถึง การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เคลื่อนไหวร่างกายในกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบที่หลากหลาย เหมาะสมกับวัยและพัฒนาการ เพื่อกระตุ้นระบบประสาทและความพร้อมในการรับรู้ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้เรียนระดับปฐมวัยและประถมศึกษาตอนต้น

2) การตื่นตัวทางสติปัญญา (Intellectually Active) เป็นการกระตุ้นการใช้ความคิดอย่างลุ่มลึก โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ และสร้างความเข้าใจในเรื่องที่เรียนอย่างมีความหมายต่อตนเอง การจัดกิจกรรมที่มีความท้าทายและเกี่ยวข้องกับความสนใจของผู้เรียนจะช่วยส่งเสริมความผูกพันในการเรียนรู้และเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการคิด

3) การตื่นตัวทางสังคม (Socially Active) หมายถึง การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นระหว่างกระบวนการเรียนรู้ เช่น การอภิปราย การทำงานกลุ่ม หรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งช่วยขยายกรอบความคิดของผู้เรียน และส่งเสริมทักษะทางสังคมอันจำเป็นต่อการเรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น

4) การตื่นตัวทางอารมณ์ (Emotionally Active) เกี่ยวข้องกับการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความรู้สึกที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น ความสนุก ความตื่นเต้น หรือความภาคภูมิใจในผลงานของตน การกระตุ้นด้านอารมณ์เช่นนี้ส่งผลให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจ และส่งเสริมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

โดยสรุป การเรียนรู้อย่างตื่นตัวทั้ง 4 ด้านนี้ถือเป็นหัวใจของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีคุณภาพ ซึ่งควรมุ่งให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้และพัฒนาศักยภาพตนเองอย่างรอบด้าน ทั้งทางร่างกาย ความคิด จิตใจ และสังคม

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า องค์ประกอบของการเรียนรู้เชิงรุก ประกอบด้วยสำคัญ 3 ประการ คือ ประการที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานที่จะช่วยในการเรียนรู้เชิงรุกทั้งการพูด ฟัง เขียน อ่าน สะท้อนความคิดร่วมกับประการที่ 2 การใช้กลวิธีในการสอนต่าง ๆ และประการที่ 3 ทรัพยากรทางการสอนที่หลากหลาย ร่วมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว (active learning) ทั้ง 4 ด้าน คือ การตื่นตัวทางกาย (physically active) การตื่นตัวสติปัญญา (intellectually active) การตื่นตัวสังคม (socially active) และการตื่นตัวอารมณ์ (emotionally active) กระบวนการเรียนรู้อย่างตื่นตัวทั้ง 4 ด้าน มีความสัมพันธ์ต่อกันและกันและส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

1.5 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ดังนี้

รูปแบบการสอนที่เน้นการเรียนรู้เชิงรุกเป็นฐาน (Active Learning-Based Teaching Model) ศาสตราจารย์ ดร.โอริต ฮัซซาน ดร.ทามี่ ลาพิโดต และ ดร.โนอา ราโกนิส นักคอมพิวเตอร์ศึกษาชาวอิสราเอลเป็นผู้นำเสนอรูปแบบการสอนนี้เพื่อให้นักศึกษาครุสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษามีแนวทางในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกรูปแบบ ดังกล่าวมีขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นเร้าความสนใจ (Trigger) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Learning Activity) ขั้นอภิปราย (Discussion) และขั้นสรุป (Summary) ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการเสนอบทเรียน เริ่มด้วยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยใช้เทคนิควิธีการที่หลากหลายและสร้างความท้าทายการเรียนรู้ของนักเรียน อาจใช้คำถามปลายเปิดให้นักเรียนได้คิดเกิดความสงสัยเกิดคำถามเกี่ยวกับเรื่องที่ครูเสนอและเกิดการตั้งคำถามเพื่อค้นคว้าหาคำตอบต่อไป

2) ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นขั้นที่ต่อเนื่องจากขั้นแรกครูสามารถเลือกใช้เทคนิควิธีการในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ทั้งนี้กิจกรรมต้องมีความสอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์และเรื่องที่ได้กระตุ้นความสนใจไว้แต่แรก

3) ขั้นอภิปราย หลังจากเรียนรู้แล้วในช่วงท้าย ครูจะให้นักเรียนร่วมกัน อภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการทำกิจกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนนำเสนอความคิดเห็น และความคิดรวบยอดที่นักเรียนได้เรียนรู้ ในขั้นนี้ครูทำหน้าที่เป็นผู้ฟังและจดบันทึกข้อผิดพลาดของนักเรียนโดยไม่ติชมหรือวิจารณ์เนื่องจากในขั้นนี้นักเรียนทั้งชั้นกำลังเป็นผู้โต้แย้ง ถกเถียงระหว่างกัน

4) ขั้นสรุป ขั้นนี้จะแตกต่างจากสามขั้นตอนแรกที่นักเรียนเป็นผู้กระทำและดำเนินการเรียนรู้ด้วยตนเองแต่ขั้นนี้ครูจะเป็นผู้มีบทบาทหลักสรุปการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งหมดตั้งแต่ขั้นที่หนึ่งถึงขั้นที่สาม โดยเน้นความคิดรวบยอดหลักและเติมเต็มให้การเรียนรู้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Hazzan Lapidot and Ragonis, 2004, pp.59-60 อ้างถึงใน วัชรภา เล่าเรียนดี, 2560, น.69)

ณัฐกร ดวงพระเกษ, ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ และลัดดาวัลย์ เกษมเนตร (2560, น.216) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกได้ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 จัดเตรียมนักเรียน เป็นขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะช่วยส่งเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างนักเรียนกับครู และเพื่อนในห้องเรียน อีกทั้งครูเสนอแนะวิธีการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้อย่างหลากหลายผ่านบรรยากาศของกิจกรรมการมีส่วนร่วมและเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

ขั้นที่ 2 ขั้นสถานการณ์ปัญหา เป็นขั้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนอาจพบได้ชีวิตประจำวันซึ่งเชื่อมโยงกับเนื้อหาในบทเรียน โดยนักเรียนกับครูร่วมกันเสนอปัญหาดังกล่าว รวมถึงส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายและซักถามข้อสงสัย

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์ปัญหา เป็นขั้นส่งเสริมให้นักเรียนเกิดคำถาม พยายามหาแนวทางเพื่อให้ได้คำตอบร่วมกัน โดยต้องช่วยกันระดมสมองใช้ความรู้เดิมที่มีทำการวิเคราะห์

ปัญหาและอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบที่ได้ผ่านการให้นักเรียนได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนงาน เป็นขั้นส่งเสริมให้นักเรียนมีการสื่อสารและแลกเปลี่ยนเรียนรู้แสดงความคิดเห็นทั้งภายในกลุ่มและกลุ่มอื่น ๆ รวมทั้งการมีส่วนร่วมวางแผนหาวิธีในการคิดแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ดำเนินงาน เป็นขั้นตอนการที่นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ด้วยวิธีการที่หลากหลาย โดยนักเรียนจะทำการค้นหาข้อมูลซึ่งครูจะต้องทำการกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นหาข้อมูลความรู้เพื่อใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกันเป็นกลุ่ม หรือด้วยตนเอง

ขั้นที่ 6 สรุป เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะทำการสังเคราะห์สรุปความรู้เพื่อเป็นผลงานของกลุ่ม รวมถึงประเมินว่าข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า มีความเหมาะสมถูกต้องมากน้อยเพียงใด และเตรียมการนำเสนอผลงานร่วมกันด้วยวิธีการต่าง ๆ

ขั้นที่ 7 ประเมิน เป็นขั้นการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริงด้วยรูปแบบที่หลากหลายร่วมกันระหว่างครูผู้สอนและผู้เรียน โดยขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องนำเสนอผลงานเพื่อสะท้อนกระบวนการเรียนรู้ตั้งแต่เริ่มต้นไปถึงการค้นพบคำตอบของปัญหา รวมถึงเชื่อมโยงไปยังสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นอภิปราย และขั้นสรุป

1.6 บทบาทของครูและนักเรียนของการเรียนรู้เชิงรุก

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนของการเรียนรู้เชิงรุก ดังนี้

วัชรรา เล่าเรียนดี (2560, น.68) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูเชิงรุก (Active Teacher) ดังนี้

- 1) ตั้งความคาดหวังว่านักเรียนแต่ละคนจะเกิดผลการเรียนรู้ตามระดับคุณภาพที่กำหนดหรือยอมรับได้
- 2) รับพิจารณาเฉพาะผลงาน หรือชิ้นงานคุณภาพ (Quality Work) เท่านั้น
- 3) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจความหมายของสิ่งที่เรียน และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิม ความรู้ที่ได้รับและโลกของความเป็นจริง

4) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้เชิงรุก (Active Participant โดยเป็นทั้งโค้ช ทั้งผู้แนะนำ ปรีกษาและผู้อำนวยความสะดวก

5) ประเมินการเรียนรู้ด้วยวิธีการหลากหลาย และให้มุมมองแก่นักเรียนเพื่อให้เห็นความสามารถของตนเอง

6) ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติอย่างมีความหมาย และนำไปประยุกต์ใช้ในความเป็นจริงของชีวิตประจำวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น.4) ได้นำเสนอว่าบทบาทของครูในกระบวนการจัดการเรียนรู้ควรมุ่งเน้นการเป็นผู้เอื้ออำนวยการเรียนรู้ มากกว่าการถ่ายทอดความรู้โดยตรง โดยครูควรออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างแท้จริง ผ่านกระบวนการฝึกฝนทักษะที่หลากหลาย อาทิ การฟัง การอ่าน การเขียน การแสดงความคิดเห็น รวมถึงการคิดในระดับที่ลึกซึ้งและซับซ้อน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2562, น.26) ได้เสนอแนวทางสำคัญเกี่ยวกับบทบาทของครูในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง Active Learning โดยเน้นการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนผ่านการลงมือปฏิบัติ การมีส่วนร่วม และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยครูควรดำเนินการดังนี้

1) สร้างบรรยากาศแห่งการมีส่วนร่วมและการสื่อสารสองทาง ส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูและนักเรียน ตลอดจนระหว่างผู้เรียนด้วยกัน เพื่อเปิดโอกาสให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันอย่างมีความหมาย

2) ลดบทบาทการถ่ายทอดความรู้โดยตรงของครู และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนและบริหารจัดการการเรียนรู้ของตนเอง โดยเน้นการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการแสวงหาด้วยตนเอง

3) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดความเคลื่อนไหวและการมีส่วนร่วม มุ่งเน้นการจัดกิจกรรมที่ทำท่าย ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การประยุกต์ใช้ความรู้ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า โดยเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงในชุมชน สังคม หรือประเทศ

4) จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative Learning) กระตุ้นให้เกิดการทำงานร่วมกันภายในกลุ่ม พร้อมกำหนดระยะเวลา เนื้อหา และกิจกรรมอย่างเหมาะสมและมีเป้าหมายชัดเจน

5) ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญความท้าทาย ผ่านวิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อรองรับรูปแบบการเรียนรู้ที่แตกต่างกันของผู้เรียน

6) เปิดรับความคิดเห็นและการแสดงออกของผู้เรียนอย่างหลากหลาย โดยไม่จำกัดรูปแบบหรือวิธีคิด เพื่อส่งเสริมความมั่นใจและศักยภาพเฉพาะบุคคล

7) ครูควรตระหนักถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ทั้งในด้านความถนัดและพื้นฐานความรู้ของผู้เรียน เพื่อปรับวิธีการสอนให้สอดคล้องกับศักยภาพของแต่ละคน

8) สร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยให้นักเรียนรู้สึกปลอดภัย กล้าคิด กล้าถาม และมีความสุขในการเรียนรู้

นอกจากนี้ ยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมว่า ครูควรส่งเสริมให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะของการเรียนรู้เชิงรุกอย่างชัดเจน โดยผู้เรียนควร

- ตระหนักว่าเรื่องใดเป็นเนื้อหาหลักที่ต้องเรียนรู้
- เชื่อมโยงสิ่งที่กำลังเรียนกับความรู้เดิมที่มีอยู่
- วิเคราะห์ว่าสิ่งที่เรียนรู้มีความสอดคล้องกับบริบทในโลกปัจจุบันเพียงใด
- ตรวจสอบแหล่งข้อมูลหรือความรู้ที่ได้รับว่ามีความถูกต้องและน่าเชื่อถือหรือไม่
- ทบทวนผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การตรวจการบ้านหรือการค้นคว้าใหม่
- เปิดใจแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือขอคำปรึกษาจากผู้อื่น เพื่อพัฒนาความ

เข้าใจและสรุปเป็นข้อคิดเห็นที่สมบูรณ์ก่อนนำเสนอ

แนวทางทั้งหมดนี้สะท้อนว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกมิใช่เพียงการเปลี่ยนบทบาทของครู แต่คือการสร้างระบบนิเวศการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการเรียนรู้อย่างแท้จริง ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ในศตวรรษที่ 21

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติด้วยตนเอง ออกแบบกิจกรรมและการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียน ได้ฝึกทักษะ การฟัง อ่าน เขียน แสดงความคิดเห็น และการคิดขั้นสูง ในส่วนของนักเรียนนั้น นักเรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ และเรียนรู้อย่างมีปฏิสัมพันธ์จนเกิดความรู้ความเข้าใจนำไปประยุกต์ใช้สามารถวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่าหรือ สร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ และพัฒนาตนเองเต็มความสามารถ และเรียนรู้ความรับผิดชอบร่วมกัน มีวินัยในการทำงาน และรู้จักแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ

1.7 ลักษณะสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เชิงรุก

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงลักษณะสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เชิงรุก ดังนี้

วัชรรา เล่าเรียนดี (2560, น.67) ได้กล่าวถึง บริบทของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ควรจัดให้เกิดขึ้นในชั้นเรียน

- 1) ช่วยให้นักเรียนเกิดความสำเร็จ และใช้พลังความสามารถที่มีอยู่ในตนเอง (Self - Efficacy) เพื่อสร้างความสำเร็จครั้งใหม่ต่อไป
- 2) ไม่สร้างบรรยากาศที่เคียดแค้นข่มขู่ (Nonthreatening) หรือการจัดทุกอย่างไว้เป็นสูตรสำเร็จเพราะนักเรียนยุคดิจิทัลควรได้เรียนรู้จากการลงมือทดลองด้วยตนเอง
- 3) จัดสภาพแวดล้อมให้นักเรียนได้ว่าพวกเขามีความพร้อม และมีปัจจัยสนับสนุนการเรียนรู้ที่พร้อม อาทิ ระยะเวลา และคำปรึกษาที่มีคุณภาพ เป็นต้น
- 4) ทำให้นักเรียนมองเห็นว่าสิ่งที่เรียนมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กับตนเองอย่างไรบ้าง

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ (2561, น.23) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้เชิงรุก หรือจัดการเรียนรู้เน้นเด็กเป็นสำคัญ เน้นเด็กเป็นศูนย์กลาง เน้นกลยุทธ์สำคัญของการสร้างบรรยากาศเชิงบวกโดยสภาพห้องเรียน มีลักษณะ ดังนี้

- 1) สภาพบรรยากาศทางกายภาพ ห้องเรียนสะอาด แสงสว่างส่องผ่าน อากาศบริสุทธิ์ ไม่มีกลิ่นเหม็น ห้องเรียนประกอบด้วย แผ่นป้ายวิสัยทัศน์ อัตลักษณ์ของเด็ก ลักษณะนิสัยที่ต้องสร้าง ป้ายนิเทศ เชิงวิชาการสอดคล้องกับวาระสำคัญ ชุมชน เนื้อหาที่ทันการณ์ ทันสมัย สอดคล้องกับเนื้อหาและกระบวนการที่จะสอนที่จะฝึก

- 2) สภาพบรรยากาศทางจิตใจ เป็นห้องเรียนอบอุ่นด้วยครูมีบุคลิกภาพดี มีปิยวาจา ทำทายนักเรียน พากเพียรเรียนรู้ ควบคู่กับทั้งครูและเด็กเป็นผู้มีคุณธรรม

ปัจจัยสำคัญของการจัดการเรียนรู้ คือ การเน้นแบบเชิงรุก คือ ให้เด็กมีส่วนร่วมมากที่สุด มีอิสระ เน้นการจัดการเรียนเน้นการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) ร่วมกับการให้เด็กมีการทำงานกลุ่มแบบรวมพลัง ให้เด็กทำกิจกรรมเป็นกลุ่มร่วมมือกัน เด็กเก่งช่วยเด็กเรียนช้า เด็กเรียนช้าขอร้องให้เด็กเก่ง เด็กปานกลางช่วยเพื่อให้เกิดความรักสามัคคี ขณะมีกันนั้น ครูมีการบูรณาการสุนทรียภาพ ใช้ศิลปะ ดนตรีประกอบ และบูรณาการคุณลักษณะอันพึงประสงค์กับค่านิยมที่ต้องการปลูกฝัง เพื่อให้เด็กปฏิบัติตามกฎ กติกาของห้อง กติกาของโรงเรียนทุกคนร่วมกันปฏิบัติ

เกิดบรรยากาศเชิงบวก เรียนรู้อย่างมีความสุข ครูรักเด็ก เด็กรักครู นำสื่อนัยเชิงบวก เด็กได้ความรู้ ควบคุมคุณน้อมนำความเป็นเด็กดี เด็กเก่ง เด็กมีความสุข

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดสภาพแวดล้อม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกควรสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยไม่สร้างแรงกดดันหรือข้อจำกัดที่ตายตัว ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ศักยภาพของตนเองอย่างมั่นใจ และกล้าลองผิดลองถูกตามความถนัด นอกจากนี้ควรจัดให้มีสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เหมาะสม เช่น ห้องเรียนโปร่งสะอาด แสงและอากาศถ่ายเทดี พร้อมสื่อที่เชื่อมโยงกับเนื้อหาและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ เป็นต้น ในด้านจิตวิทยา ครูควรส่งเสริมความรู้สึกปลอดภัยและเป็นมิตร ควบคู่กับการใช้กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ รวมถึงบูรณาการกิจกรรมด้านสุนทรียะและคุณธรรม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสุขในการเรียนรู้ และพัฒนาอย่างสมดุลทั้งด้านความรู้และคุณลักษณะนิสัย

1.8 แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การให้เหตุผลแบบอุปนัยนับเป็นรากฐานที่สำคัญของกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งมีบทบาทในการช่วยให้ผู้เรียนสามารถพิจารณาข้อมูลเชิงเฉพาะและสังเคราะห์ข้อสรุปเชิงทั่วไปอย่างมีโครงสร้าง การพัฒนาทักษะด้านนี้จึงควรได้รับการส่งเสริมผ่านการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างแท้จริง ภายใต้บริบทของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมาประยุกต์ใช้จำนวน 4 รูปแบบ ได้แก่ (1) การเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนตามวัฏจักร 5E (2) การเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านเทคนิค Jigsaw (3) การเรียนรู้แบบค้นพบโดยมีการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) และ (4) การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning) ซึ่งแนวทางแต่ละรูปแบบมีจุดเด่นเฉพาะตัวในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย การฝึกปฏิบัติอย่างมีจุดมุ่งหมาย ตลอดจนการสร้างองค์ความรู้ผ่านประสบการณ์ตรง โดยมีงานวิจัยสนับสนุนที่เกี่ยวข้องซึ่งจะได้นำเสนอในลำดับถัดไป

1.8.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry based learning)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านการสังเกต สำรวจ ค้นหา และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างมีระบบ จนสามารถสร้างความเข้าใจและสรุปสาระสำคัญได้ด้วยตนเอง โดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนจากประสบการณ์ตรง และรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ขณะที่ครูทำหน้าที่

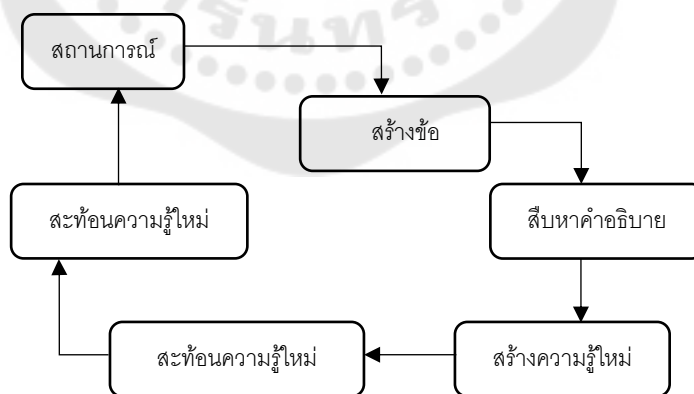
เป็นผู้อำนวยความสะดวก ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นตามแนวทางของการเรียนรู้เชิงรุก โดยมีรายละเอียดการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน ดังนี้

1) ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E)

ในปัจจุบัน แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E) ได้รับการปรับประยุกต์อย่างหลากหลาย เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของครูผู้สอนในการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด โดยมีแหล่งข้อมูลจากงานวิจัยและเอกสารวิชาการที่ให้ความหมายและอธิบายลักษณะของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง 5E ไว้ครอบคลุม ซึ่งสามารถรวบรวมสาระสำคัญได้ดังต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 64-65) เสนอว่า การสืบสวนสอบสวนเป็นกระบวนการการสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอที่ต้องการให้นักเรียนสร้างข้อคำถาม (Asking Questions) สืบหาคำอธิบาย (Investigating Solutions) สร้างความรู้ใหม่ (Creating New Knowledge) อภิปรายสิ่งที่ค้นพบ (Discussing Discoveries) และสะท้อนความรู้ใหม่ (Reflecting on the New Knowledge) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจมีความสุขกับการเรียน และมีความคงทนในความรู้ที่ได้

ขั้นตอนในกระบวนการสืบสวนสอบสวนมีความต่อเนื่องสัมพันธ์กัน ดังแสดงได้ด้วยแผนภูมิต่อไปนี้



ภาพประกอบ 2 กระบวนการสืบสวนสอบสวนเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

จากแผนภูมิข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ ในการสืบสวนสอบสวนเมื่อเผชิญสถานการณ์ที่สนใจนักเรียนจะต้อง **คิด** โดยอาจต้องระดมสมองกันเพื่อสร้าง**ข้อคำถาม**

เกี่ยวกับสถานการณ์นั้นเช่นทำไมจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนั้น เหตุสำคัญใดที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ในเหตุการณ์ และจะมีวิธีแก้ปัญหาอย่างไรซึ่งข้อคำถามที่ดีควรเป็น**คำถามปลายเปิด** ที่อาจมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบหรือไม่มีคำตอบเลยก็ได้หลังจากนั้นนักเรียนต้องสืบหา **คำอธิบาย** ซึ่งอาจทำโดยการศึกษาลำรวจทดลองสังเกตหรือสัมภาษณ์ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งอาจใช้ตารางหรือกราฟมาช่วยจนกระทั่งค้นพบแบบรูปที่จะนำไปสู่ข้อสรุปซึ่งเป็นการ**สร้างความรู้ใหม่** จากข้อสรุปที่พบต่อจากนั้นร่วมกันอภิปรายสิ่งที่ค้นพบ ในแง่ของความถูกต้อง ความสมเหตุสมผลของคำตอบที่เป็นความรู้ใหม่และวิธีการที่ใช้สืบหาคำอธิบายสุดท้ายนักเรียนต้อง

กรมวิชาการ (2540, อ้างถึงใน พงศ์พันธ์ ปีจีดี, 2554) ได้ให้ความหมายว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง 5E เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา โดยอาศัยกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล จนนำไปสู่การค้นพบองค์ความรู้หรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูมีบทบาทในการตั้งคำถามที่ช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ ส่งเสริมให้นักเรียนหาแนวทางแก้ไขด้วยความคิดของตนเอง และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

ชยพัทธ์ ศรีกรรต (2558, น. 26) ได้ให้ความหมายว่า การจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักร 5 ขั้น (5E) เป็นแนวทางที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแสวงหาความรู้อย่างมีเป้าหมาย โดยกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบนี้มีส่วนช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหอย่างเป็นระบบ และการสร้างความเข้าใจที่มีความหมายต่อตนเอง ซึ่งครูมีบทบาทในการกระตุ้นและสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการคิดและการลงมือปฏิบัติอย่างเหมาะสม

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สืบเสาะแสวงหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่ถูกต้อง เน้นการพัฒนาให้นักเรียนให้เกิดความสามารถในการคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยครูมีบทบาทเป็นผู้จัดการการเรียนรู้ และเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ที่เหมาะสม

2) ข้อดีและข้อจำกัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน

ในกระบวนการจัดการเรียนรู้มีวิธีการหลากหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละวิธีย่อมมีทั้งจุดเด่นและข้อจำกัดในตัวเอง ดังนั้น การเลือกใช้วิธีการสอนใดก็ตาม ผู้สอนควรศึกษาและพิจารณาอย่างรอบด้านก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของผู้เรียนและเป้าหมายของบทเรียน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนมาใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก โดยพิจารณาทั้งข้อดีและข้อจำกัดของแนวทางดังกล่าวตามที่มีผู้เชี่ยวชาญทางการศึกษาได้เสนอไว้ ดังนี้

2.1) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน

สุโขทัยธรรมมาธิราช และภพ เลหาไพบูลย์ (2537, น. 94-95 และภพ เลหาไพบูลย์, 2537, น.126 อ้างถึงใน อ้อมฤดี แท่มอุบล, 2553, น. 24) ได้เสนอว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนมีข้อดีหลายประการที่ส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล โดยเฉพาะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์
- 2) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่นผ่านการอภิปรายอย่างมีเหตุผล
- 3) ฝึกให้ผู้เรียนสังเกตและวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ อย่างรอบคอบ
- 4) กระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งก่อให้เกิดความสนใจใฝ่รู้และตั้งใจเรียน
- 5) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
- 6) ส่งเสริมการคิดเป็นระบบและการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและสามารถนำไปปรับใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
- 7) ก่อให้เกิดทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในระยะยาว

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.142) ได้กล่าวว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มีดังนี้

- 1) นักเรียนได้เรียนรู้วิธีค้นหาความรู้และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2) ความรู้ที่ได้มีคุณค่ามีความหมายสำหรับนักเรียน
เป็นประโยชน์และจดจำได้นานสามารถเชื่อมโยงความรู้และนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

3) เป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้
ความอิสระมีชีวิตชีวาและสนุกสนานกับการเรียนรู้

4) ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิธีและกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2545, น.196) ได้กล่าวว่า ข้อดีของการ
เรียนรู้แบบ 5E มีดังนี้

1) เป็นวิธีสอนที่พัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนโดยใช้
การตั้งคำถาม ได้แก่

1.1) คำถามที่ง่าย ๆ ที่ได้จากการสังเกต

1.2) คำถามที่คิด วิเคราะห์ให้เหตุผลในการอธิบาย

1.3) คำถามที่ทำให้เกิดการบูรณาการจากความรู้เดิมกับ
ข้อมูลใหม่เพื่อออกแบบวิธีศึกษาค้นคว้าหาคำตอบและเพื่อใช้ในการสรุป

2) นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตลอดเวลา
โดยเป็นผู้คิดและตอบคำถาม หรือฝึกตั้งคำถามในกระบวนการเรียนรู้

3) ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออกเป็นผู้นำในการ
แก้ปัญหา

4) ส่งเสริมความเป็นประชาธิปไตยเนื่องจากครูเปิดโอกาสให้
นักเรียนตั้งคำถามและถือว่าคำถามของนักเรียนมีคุณค่า

5) นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจที่ได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

6) นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการนำความรู้ไป
ประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

วัชรรา เล่าเรียนดี (2560, น.139) ชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่สำคัญ
ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสามารถสังเคราะห์ได้ดังนี้

1) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลักษณะนี้เปิดโอกาสให้
นักเรียนได้ทำความเข้าใจกับสถานการณ์หรือปัญหาจริง โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้น ส่งเสริม และ
สนับสนุนการใช้ทักษะการคิดหลากหลายรูปแบบ อันเป็นกระบวนการที่เหมาะสมต่อการพัฒนา
ความรู้และการจัดทำโครงงานวิจัย

2) ลักษณะการเรียนรู้มีความยืดหยุ่นสูง สามารถประยุกต์ใช้กับโครงงานหลากหลายประเภท ตั้งแต่การวิจัย การคิดสร้างสรรค์ การทดลอง ไปจนถึงการค้นคว้าข้อมูลผ่านสื่อออนไลน์ ดังนั้นครูจึงควรออกแบบกิจกรรมล่วงหน้าให้เหมาะสมกับบริบทและความพร้อมของผู้เรียน

3) สำหรับผู้เรียนบางกลุ่มที่อาจไม่ตอบสนองต่อการสอนแบบเดิม การเปลี่ยนแปลงบรรยากาศการเรียนรู้ไปสู่แนวทางสืบเสาะจะช่วยเสริมความมั่นใจ กระตุ้นความสนใจ และเพิ่มความภาคภูมิใจในตนเองได้มากขึ้น

4) ขณะที่วิธีการสอนแบบเดิมมักมุ่งเน้นเฉพาะด้านความรู้ การเรียนรู้แบบสืบเสาะกลับครอบคลุมทั้งด้านทักษะการปฏิบัติ ความรู้ และเจตคติ ซึ่งช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีมิติกว้างขวางและลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น

5) แนวทางนี้ยังสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมแบบร่วมมือและการทำงานเป็นทีม โดยครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่ตั้งอยู่บนปัญหาเดียวกันหรือแตกต่างกันให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเลือกศึกษาได้ตามความสนใจ ซึ่งส่งผลให้เกิดความหลากหลายในการเรียนรู้ และเสริมสร้างทักษะการทำงานกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ 5E เปิดโอกาสให้นักเรียนพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ และได้เรียนรู้วิธีค้นหาความรู้และการคิดหาเหตุผลจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เกิดแรงจูงใจและส่งเสริมให้นักเรียนอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

2.2) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน

สุโขทัยธรรมมาธิราช และภพ เลหาไพบุลย์ (2537, น. 94-95 และ ภพ เลหาไพบุลย์, 2537, น.126 อ้างถึงใน อ้อมฤดี แหม่อบล, 2553, น. 24) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนไว้ว่า หากสถานการณ์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่มีลักษณะที่ก่อให้เกิดความสงสัยหรือความท้าทาย ก็อาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ อีกทั้งในกรณีที่ครูควบคุมการเรียนรู้มากเกินไป จะเป็นการปิดกั้นไม่ให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการสืบค้นหรือค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังพบว่า วิธีการดังกล่าวมักต้องใช้เวลามากในการจัดกิจกรรมแต่ละครั้ง และอาจไม่เหมาะสมกับผู้เรียนที่มีข้อจำกัดทางสติปัญญาหรือเมื่อต้องเรียนเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนบางกลุ่มไม่สามารถเข้าถึงความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพผ่านการเรียนรู้ด้วยตนเอง

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.142) ได้กล่าวว่า ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มีดังนี้

- 1) ใช้เวลามากในการเรียนรู้บางครั้งอาจได้สาระการเรียนรู้ไม่ครบถ้วนตามที่กำหนด
- 2) ถ้าปัญหาหรือสถานการณ์ง่ายหรือยากเกินไป ไม่เข้าใจหรือไม่น่าสนใจจะทำให้ให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน
- 3) เป็นวิธีการที่มีการลงทุนสูง ซึ่งบางครั้งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

4) ครูต้องใช้เวลาในการวางแผนมาก

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2545, น.196) ได้กล่าวว่า ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มีดังนี้

- 1) ถ้าครูขาดทักษะในการตั้งคำถาม อาจทำให้การสอนโดยวิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวนไม่เกิดประสิทธิภาพตามจุดประสงค์
- 2) ครูต้องคิดคำถามมาล่วงหน้าก่อนดำเนินการสอน มิเช่นนั้นอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดในการสืบสวนเพื่อหาคำตอบของนักเรียนได้
- 3) ต้องจัดสิ่งอำนวยความสะดวกที่จะใช้ดำเนินการสืบสวนสอบสวนให้ครบถ้วน
- 4) ครูจะต้องใจกว้าง ยอมรับฟังคำถามและความคิดเห็นของนักเรียน
- 5) ครูควรเป็นผู้ที่มีความสามารถในการให้คำแนะนำหรือส่งเสริมกำลังใจให้นักเรียนเกิดความคิดสืบสวนสอบสวนหาคำตอบด้วยตนเอง

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบ 5E มีข้อจำกัดแบ่งออกได้เป็น 3 ด้าน คือ 1) ด้านเวลา การดำเนินกิจกรรมที่ใช้เวลาค่อนข้างมาก 2) ด้านเนื้อหาวิชาครูต้องพิจารณาถึงระดับความยากของเนื้อหาที่เหมาะสม และ 3) ด้านครู ครูต้องความสามารถของการดำเนินกิจกรรมที่กระตุ้นความสนใจและดึงดูดให้นักเรียนอยากทำกิจกรรม

3) ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2545b) เสนอว่า นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study)

ได้นำแนวทางการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) มาพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์โดยกำหนดขั้นตอนการเรียนรู้ไว้ 5 ขั้นตอน หรือที่เรียกว่า Inquiry Cycle ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ 5E Model ประกอบด้วยขั้น Engage, Explore, Explain, Elaborate และ Evaluate สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำแนวคิดนี้ไปปรับใช้ในรายวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเสริมสร้างกระบวนการคิดขั้นสูงของผู้เรียน โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) Engage (กระตุ้นความสนใจ) ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายเพื่อเชื่อมโยงบทเรียนกับประสบการณ์หรือความสนใจของผู้เรียน โดยครูอาจใช้สถานการณ์จริง เหตุการณ์ร่วมสมัย หรือสื่อกระตุ้นต่าง ๆ เช่น เกม เรื่องเล่า หรือคำถามปลายเปิด เพื่อกระตุ้นความสงสัยและแรงจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ โดยไม่ควรกำหนดประเด็นให้ผู้เรียนรับโดยตรง แต่ควรเปิดโอกาสให้เกิดคำถามหรือความคิดที่นำไปสู่การสำรวจและค้นคว้าต่อไป

2) Explore (สำรวจและสืบค้น) ในขั้นนี้ ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการแสวงหาความรู้ผ่านกิจกรรม เช่น การทดลอง สังเกต วางแผน ออกแบบการตรวจสอบ หรือรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยเน้นให้เกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่นำไปสู่ความเข้าใจในประเด็นที่ตั้งไว้

3) Explain (อธิบายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น) ผู้เรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ นำเสนอข้อค้นพบในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภาพ ตาราง หรือการอภิปราย โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับความรู้เดิมหรืออธิบายเหตุผลประกอบอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ ครูมีหน้าที่เสริมความรู้เชิงวิชาการให้ถูกต้องตามหลักวิชา และช่วยตรวจสอบความสมเหตุสมผลของข้อสรุปที่ผู้เรียนเสนอ

4) Elaborate (ขยายความรู้) ผู้เรียนได้ประยุกต์ความรู้ที่ได้รับในสถานการณ์ใหม่ หรือลงลึกในเนื้อหาที่เรียน โดยครูอาจตั้งประเด็นเพิ่มเติมเพื่อให้นักเรียนอภิปรายขยายแนวคิด หรือเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้เรียนอาจพัฒนาแนวคิดใหม่ ตั้งคำถามเพิ่มเติม และออกแบบการสำรวจเพิ่มเติมเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่ลึกซึ้งขึ้น

5) Evaluate (ประเมินผลการเรียนรู้) ในขั้นนี้ ผู้เรียนประเมินทั้งกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์ที่ได้ เช่น การสะท้อนคิด วิเคราะห์ วิจารณ์ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง เปรียบเทียบกับเป้าหมายหรือสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวมทั้งรับรู้ถึงจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเอง เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2546, น.7-8) ได้นำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ซึ่งมีต้นแบบจากโครงการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาของ ประเทศสหรัฐอเมริกา มาปรับให้เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียน โดยเฉพาะในขั้นตอนสุดท้ายที่ได้ เปลี่ยนจาก “การประเมินผล” เป็น “การแลกเปลี่ยนเรียนรู้” เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอ องค์ความรู้ ความคิด ทักษะ และเจตคติที่ได้รับจากการเรียนรู้ร่วมกัน กระบวนการเรียนรู้ที่ปรับเปลี่ยนนี้ประกอบด้วย

- 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Engagement)
- 2) ขั้นสำรวจเพื่อค้นพบข้อมูล (Exploration)
- 3) ขั้นนำเสนอและอธิบายสิ่งที่ค้นพบ (Explanation)
- 4) ขั้นขยายความรู้และประยุกต์ใช้ (Elaboration)
- 5) ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exhibition)

แนวทางดังกล่าวสะท้อนถึงการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติและการมีส่วนร่วมอย่างแท้จริง

Bybee, Taylor, Gardner, Westbrook, and Landes (2006, pp. 8-10) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นตอนแรกที่ครูจะยก วัตถุ ปัญหา สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่นักเรียนสนใจเข้าสู่กิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งกิจกรรมที่ครูยกมาให้ นักเรียนนั้นต้องเชื่อมโยงความรู้เก่าของนักเรียน หรือเป็นกิจกรรมที่เป็นความเข้าใจที่ผิดพลาดของ นักเรียนที่เคยเรียนรู้มา

2) ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนต้องการเวลาที่จะสำรวจ กิจกรรมจากขั้นแรก ซึ่งขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีการแนะนำและถกเถียงเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ในระหว่างการกิจกรรมร่วมกัน และนักเรียนต้องสร้างความสัมพันธ์ สังเกตรูปแบบ การระบุตัวแปร และตั้งคำถาม เพื่อค้นหาคำตอบของสถานการณ์ข้างต้น

3) ขั้นอธิบาย เป็นขั้นที่นักเรียนต้องอธิบายสิ่งที่ เป็นแนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ให้ผู้อื่นรู้เรื่องหรือสามารถเข้าใจได้ง่าย ซึ่งในกระบวนการของการอธิบาย นักเรียนและ ครูจะใช้คำศัพท์ที่รับรู้ร่วมกัน โดยประการแรกครูให้นักเรียนอธิบายโดยใช้คำพูดของ นักเรียนเอง ประการที่สองครูจะอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยีในลักษณะที่เป็นทางการ

และในขั้นตอนนี้ควรนำเสนอแนวคิดกระบวนการหรือทักษะในเวลาสั้น ๆ เพื่อให้เห็นได้ชัดและตรงไปตรงมา

4) **ชั้นขยายความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบาย ความรู้ หรือ คำศัพท์ ที่ได้จากขั้นการอธิบาย ไปใช้ในประสบการณ์ที่เพิ่มเติม หรือขยาย หรือไปใช้อธิบาย แนวคิด ที่เกี่ยวข้องหรือคล้ายกับสถานการณ์เดิม แต่ต้องเป็นสถานการณ์ใหม่

5) **ชั้นประเมิน** เป็นขั้นตอนที่ครูต้องจัดการประเมินผลเพื่อตรวจสอบระดับ ความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน นอกจากนี้นักเรียนควรจะได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยการประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของรูปแบบ 5E ซึ่งครูสามารถดำเนินการประเมินผลอย่างเป็นทางการได้หลังจากขั้นตอนการขยายความรู้

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การเรียนรู้ที่ดำเนินไปตามกระบวนการสืบสวนสอบสวนเป็นแนวทางที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง พร้อมส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล เพื่อให้สามารถค้นพบองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง แนวทางนี้มีการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ไว้หลากหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถปรับประยุกต์ให้สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม โดยขั้นตอนหลักที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย มีดังนี้

- 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน
- 2) ขั้นสืบค้นและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล
- 3) ขั้นอธิบายแนวคิดและสรุปสิ่งที่ค้นพบ
- 4) ขั้นประยุกต์และต่อยอดความรู้ที่ได้รับ
- 5) ขั้นสะท้อนคิดและประเมินความเข้าใจ

4) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน

Callahan et al. (1998, pp. 261-262 อ้างถึงใน อ้อมฤดี แซ่มอุบล, 2553, น. 23) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนซึ่งสรุปได้ดังนี้

- 1) ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม
- 2) ครูตั้งคำถามเลือกประเด็นที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดและพยายามค้นหาคำตอบ
- 3) ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบครูควรแนะนำในการค้นพบโดยหาความชัดเจนกับปัญหา

4) ครูพยายามสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่เป็นการส่งเสริมการสร้างข้อคิดและการตั้งข้อสงสัยและการคิดแก้ปัญหา

5) สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานด้วยตนเอง

6) ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเองโดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเปิดในชั้นเรียนและพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีการข่มขู่เมื่อคำตอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

วีรยุทธ วิเชียรโชติ (2521, น.33-34) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ครูเป็นผู้กระตุ้นให้เกิดการสืบสวนสอบสวนโดยการสร้างสถานการณ์ยั่วเย้าให้เด็กตั้งคำถามสอบสวนตามลำดับขั้นของคำถามแบบสืบสวนสอบสวน

2) ครูเป็นผู้ให้การหนุนกำลังเมื่อเด็กถามมาก็จะให้แรงหนุนยอมรับในคำถามนั้นกล่าวชมและช่วยปรับปรุงภาษาในคำถามเพื่อให้นักเรียนเข้าใจในคำถามให้กระจ่างดียิ่งขึ้น

3) ครูเป็นผู้ทวนกลับครูจะทบทวนคำถามอยู่บ้าง แต่ไม่มากนักเพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีความเข้าใจอย่างไรบ้างอาจตั้งคำถามถามนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนไปแล้วก่อนที่

4) ครูเป็นผู้แนะนำและกำกับครูจะชี้ทางเพื่อให้เกิดความคิดตามแนวทางที่ถูกต้องเป็นผู้กำกับควบคุมเมื่อเด็กออกนอกกลุ่มนอกทาง

5) ครูเป็นผู้จัดระเบียบครูดำเนินการจัดชั้นเรียนให้เหมาะสมกับวิธีการเรียน

6) ครูเป็นผู้สร้างแรงจูงใจครูช่วยสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีกำลังใจในการเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, น.56-57) อธิบายบทบาทของครูในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนไว้ว่า ครูไม่ได้ทำหน้าที่ถ่ายทอดความรู้โดยตรง แต่ทำหน้าที่สนับสนุนและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยสามารถสรุปบทบาทหลักของครูได้ดังนี้

1) ทำหน้าที่เป็นผู้กระตุ้นแนวคิด (catalyst) โดยอาจตั้งคำถามหรือกำหนดสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ ตั้งปัญหา และวางแผนในการค้นหาคำตอบด้วยตนเอง

2) ทำหน้าที่ให้แรงเสริม (reinforcer) โดยการให้คำชม หรือให้กำลังใจ เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

3) ทำหน้าที่ให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedback actor) โดยการแจ้งจุดแข็งและข้อควรปรับปรุงแก่ผู้เรียน เพื่อใช้ในการพัฒนาตนเอง

4) ทำหน้าที่แนะนำและกำกับ (guide and director) เพื่อชี้แนะแนวทางในการคิดอย่างเป็นระบบ และช่วยควบคุมทิศทางการเรียนรู้ไม่ให้ออกนอกกรอบ

5) ทำหน้าที่จัดระบบการเรียนรู้ (organizer) ทั้งในด้านบรรยากาศ สิ่งแวดล้อม และการจัดเตรียมสื่อหรืออุปกรณ์ที่จำเป็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น. 142) ได้กล่าวถึง บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนไว้ดังนี้

1) กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจคิดปัญหาวางแผนและแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนมีเหตุผลด้วยตนเอง

2) กระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาหลาย ๆ วิธีและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยในการแก้ปัญหา

3) เสริมแรงหรือให้กำลังใจแก่นักเรียน

4) ช่วยเหลือแนะนำกำกับอย่างใกล้ชิดตลอดจนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย

5) จัดเตรียมแหล่งการเรียนรู้ที่สำคัญให้แก่ นักเรียน

6) จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียน

7) เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับทั้งข้อดีและข้อบกพร่องแก่นักเรียน

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนค้นคว้า คือ ครูมีหน้าที่จัดสถานการณ์หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่กระตุ้นให้นักเรียนอยากที่จะเรียนรู้หรือค้นหาวิธีค้นหาความรู้และคิดหาเหตุผลอย่างต่อเนื่อง ฝึกให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างเป็นขั้นตอนจนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง รวมถึงให้คำแนะนำพร้อมทั้งให้กำลังใจเพื่อเสริมแรงทางบวกให้กับนักเรียน

5) แนวทางกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E) ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ร่วมกับ Rodger W Bybee et al. (2006, pp. 8-10) ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 1 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

กระบวนการสืบสวน สอบสวนของ (สถาบัน ส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2555)	การจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ของ Rodger W Bybee et al. (2006, pp. 8-10)	กิจกรรมการเรียนรู้ แบบสืบสวนสอบสวนที่ เสริมสร้างความสามารถ ในการให้เหตุผลแบบ อุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นสร้างข้อคำถาม	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสร้างความสนใจเพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	1) ค้นหาความสัมพันธ์ อย่างเป็นเหตุเป็นผล
ขั้นสืบหาคำอธิบาย	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นสำรวจและค้นหา ความสัมพันธ์ของข้อมูล	ร่วมกันระหว่างข้อมูล ย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลของ ข้อความคาดการณ์ที่ ถูกต้อง
ขั้นสร้างความรู้ใหม่	ขั้นอธิบาย	ขั้นอธิบายและเขียน ข้อความคาดการณ์	2) เขียนอธิบาย ข้อความคาดการณ์ที่
ขั้นอภิปรายสิ่งที่ค้นพบ	ขั้นขยายความรู้	ขั้นขยายความรู้ นำข้อความ คาดการณ์ไปใช้	ได้จากการสังเกตจาก ทำกิจกรรมการเรียนรู้

ตาราง 1 (ต่อ)

กระบวนการสืบสวน สอบสวนของ (สถาบัน ส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี, 2555)	การจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ของ Rodger W Bybee et al. (2006, pp. 8-10)	กิจกรรมการเรียนรู้ แบบสืบสวนสอบสวนที่ เสริมสร้างความสามารถ ในการให้เหตุผลแบบ อุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นสะท้อนความรู้ใหม่	ขั้นประเมิน	ขั้นประเมินความสามารถ ในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	ที่ได้จากการหา ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลร่วมกัน ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ซึ่งข้อคาดการณ์ที่ได้ น่าจะมีความถูกต้อง โดยไม่ต้องทำพิสูจน์ว่า เป็นจริง แต่ก็ไม่พบข้อ ขัดแย้งในการทำ กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่นำมาใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและคิดด้วยตนเอง โดยเฉพาะในคาบแรกของการจัดกิจกรรม ซึ่งออกแบบให้ครูแนะนำแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับ “ข้อความคาดการณ์” ในช่วงของการอธิบายและสรุปแนวคิด โดยอธิบายว่า ข้อความคาดการณ์หมายถึงข้อสรุปเบื้องต้นที่ได้จากการสังเกตหรือทดลองซ้ำหลายครั้ง และรวบรวมข้อมูลที่ได้เพื่อนำมาวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล ซึ่งข้อความดังกล่าวมีลักษณะเป็นสิ่งที่คาดว่าน่าจะเป็นจริง แม้ยังไม่มี การพิสูจน์อย่างแน่ชัด จากนั้นผู้เรียนจะได้ฝึกเขียนข้อความคาดการณ์ด้วยตนเองตามขั้นตอนของกิจกรรม เพื่อให้การจัดกิจกรรมเป็นไปอย่างมีลำดับขั้นและสอดคล้องกับเป้าหมายของการส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัย กิจกรรมการเรียนรู้จึงถูกออกแบบให้ดำเนินตามขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

ครูจัดกิจกรรมโดยใช้สื่อรูปเรขาคณิตสามมิติและอุปกรณ์ประกอบการเรียน ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันดำเนินกิจกรรม พร้อมทั้งตั้งคำถาม และสร้าง

สถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย อยากรู้ อยากเห็น และสามารถตั้งคำถามด้วยตนเอง นอกจากนี้ ครูยังดำเนินการทบทวนเนื้อหาความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่บทเรียนใหม่ได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ

2) ขั้นสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล

ครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อร่วมกันสังเกต ตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูล พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ผูกทักษะการทำงานร่วมกัน และสร้างความเข้าใจผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ครูมีหน้าที่สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด ตั้งคำถามกระตุ้นความคิดเมื่อนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ และให้คำปรึกษาในประเด็นที่จำเป็น เพื่อให้กระบวนการเรียนรู้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและต่อเนื่อง

3) ขั้นอธิบายและเขียนข้อความคาดการณ์

ผู้เรียนได้รับการส่งเสริมให้ถ่ายทอดความเข้าใจผ่านการอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความเกี่ยวกับ “ข้อความคาดการณ์” ด้วยภาษาของตนเอง ทั้งในรูปแบบการพูดและการเขียน โดยมีการยกเหตุผลหรือหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่ตนสรุปได้ นอกจากนี้ ยังเปิดโอกาสให้สมาชิกในกลุ่มได้แลกเปลี่ยนมุมมองซึ่งกันและกัน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ชัดเจนและมีความน่าเชื่อถือ

4) ขั้นขยายความรู้ นำข้อความคาดการณ์ไปใช้

ครูส่งเสริมให้นักเรียนประยุกต์ใช้ข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ในสถานการณ์ใหม่ หรือเชื่อมโยงแนวคิดที่เรียนไปยังบริบทอื่น เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งและหลากหลายยิ่งขึ้น โดยผู้เรียนในแต่ละกลุ่มจะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประมวล วิเคราะห์ และขยายขอบเขตของความรู้ให้กว้างออกไปจากเดิม

5) ขั้นประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ครูดำเนินการประเมินผลโดยพิจารณาความสามารถของผู้เรียนในการใช้เหตุผลแบบอุปนัย ทั้งจากผลการเรียนรู้และพฤติกรรมที่แสดงออกในแต่ละกิจกรรม ซึ่งครอบคลุมทั้งการประเมินระหว่างเรียน การสังเกตการมีส่วนร่วม และการทดสอบรายบุคคล เพื่อสะท้อนให้เห็นระดับความเข้าใจในเชิงลึก ตลอดจนความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ด้วยเหตุผลอย่างเป็นระบบ

1.8.2 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

อีกหนึ่งแนวทางของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ได้รับการยอมรับว่าช่วยส่งเสริมทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ซึ่งเน้นให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และช่วยเหลือกันในการเรียนรู้เนื้อหาเฉพาะเรื่องจนเกิดความเข้าใจร่วมกัน ผู้เรียนมีบทบาทในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ขณะที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้กิจกรรมดำเนินไปตามเป้าหมายที่กำหนด โดยมีรายละเอียดของแนวทางดังกล่าวดังนี้

1) ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) เป็นแนวทางการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันภายในกลุ่มย่อย ซึ่งมีการจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายในด้านความสามารถ โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมให้สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริง ลักษณะเด่นของการจัดการเรียนรู้ลักษณะนี้ คือ การส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทและความรับผิดชอบทั้งต่อการเรียนรู้ของตนเองและของกลุ่ม ผ่านกิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ ครูจึงมีหน้าที่ในการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียน และตรวจสอบความเข้าใจเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม โดยใช้วิธีสุ่มถามหรือประเมินผลตามบริบท (Slavin, 1990, pp.71-82)

รูปแบบดังกล่าวยังเน้นการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน โดยส่งเสริมให้เกิดการช่วยเหลือเกื้อกูลกันภายในกลุ่ม คนที่มีความสามารถมากกว่าจะช่วยสนับสนุนผู้ที่อ่อนกว่า เพื่อให้ทุกคนสามารถประสบความสำเร็จร่วมกันได้ตามแนวคิดที่ว่า “ความสำเร็จของกลุ่มคือผลรวมของความสำเร็จของแต่ละบุคคล” (สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2553, น.22) นอกจากนี้ยังเน้นความรับผิดชอบร่วมกันและการพึ่งพาอาศัยกันในเชิงบวก ผ่านการทำงานร่วมกัน การอภิปราย และการตัดสินใจร่วมกัน ซึ่งล้วนเป็นองค์ประกอบที่ช่วยพัฒนาทักษะทางสังคมและทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียน (กุลิศฐา จิตรขญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ, 2563, น.85)

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม การจัดกลุ่มให้สมาชิกมีผลความสามารถ จะช่วยเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ของแต่ละคน โดยมุ่งเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมที่กำหนดไว้ รวมถึงเป็นการพัฒนาความฉลาดทางอารมณ์ สามารถปรับตัวให้อยู่กับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านเทคนิค Jigsaw ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งภายใต้รูปแบบการเรียนรู้ร่วมมือที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีคุณลักษณะที่เอื้อต่อการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลของผู้เรียน โดยเทคนิคนี้มีความหมายและขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

2) ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค

JIGSAW

ได้มีนักวิชาการกล่าวถึงความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw เป็นแนวทางหนึ่งในกลุ่มการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มุ่งส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านการแลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่ม โดยอาศัยการแบ่งหน้าที่และความรับผิดชอบอย่างชัดเจนในการเรียนรู้ร่วมกัน ครูจะจัดกลุ่มนักเรียนให้เป็น “กลุ่มบ้าน” (Home Group) ซึ่งมีสมาชิกหลากหลายระดับความสามารถ และมอบหมายให้แต่ละคนศึกษาหัวข้อย่อยที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและเชี่ยวชาญในเนื้อหาที่รับผิดชอบ (Steinbrink, J. J., and Stahl, R. J., 1994, p.135)

จากนั้นผู้เรียนที่ได้รับหัวข้อเดียวกันจากแต่ละกลุ่มจะถูกรวมตัวกันเป็น “กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ” (Expert Group) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ทำความเข้าใจ และเตรียมความพร้อมในการอธิบายหัวข้อที่ได้รับ เมื่อสมาชิกแต่ละคนมีความเข้าใจเพียงพอแล้วจึงกลับไปยังกลุ่มบ้านของตน และทำหน้าที่ถ่ายทอดเนื้อหาที่ตนรับผิดชอบให้สมาชิกคนอื่นเข้าใจอย่างครบถ้วน (ชุดิกาญจน์ เปียงใจ, 2562, น.10) กระบวนการนี้สะท้อนให้เห็นว่า การเรียนรู้ไม่ได้เกิดจากการรับข้อมูลจากครูโดยตรงเท่านั้น แต่เกิดจากการอธิบาย ซักถาม และสังเคราะห์ข้อมูลร่วมกับผู้อื่นอย่างเป็นระบบ

นอกจากนี้ ลักษณะของการจัดกลุ่มยังให้ความสำคัญกับความหลากหลายทางศักยภาพของผู้เรียน โดยพิจารณาระดับความสามารถของสมาชิกในกลุ่ม เช่น นักเรียนที่มีศักยภาพสูง ปานกลาง และค่อนข้างต่ำ ให้ทำงานร่วมกันภายใต้เป้าหมายเดียวกัน ส่งเสริมให้เกิดการช่วยเหลือเกื้อกูลกันในทางวิชาการ และสร้างความรับผิดชอบร่วมกันในการเรียนรู้ของกลุ่ม (กุลิศา จิตรชญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ, 2563, น.87)

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW เป็น การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีระบบ โดยจัดกลุ่มให้มีความหลากหลายของความสามารถ เพื่อส่งเสริม

การเรียนรู้ผ่านการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน นักเรียนแต่ละคนจะศึกษาหัวข้อย่อยในบทบาทของผู้เชี่ยวชาญ แล้วถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มบ้านของตน กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสาร การให้เหตุผล ความรับผิดชอบร่วมกัน ตลอดจนส่งเสริมความฉลาดทางอารมณ์และการอยู่ร่วมกับผู้อื่นอย่างมีความสุข

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW

ได้มีนักวิชาการกล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ไว้ดังนี้

Steinbrink, J. J., and Stahl, R. J. (1994, p.138) อธิบายถึงขั้นตอนการเรียนรู้แบบร่วมมือต่อแบบจิ๊กซอว์ ดังนี้

การเตรียมความพร้อมของกลุ่ม

1) จัดนักเรียนเข้ากลุ่มตามระดับความสามารถ โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยเด็กที่มีคะแนนดี 1 คน เด็กที่มีคะแนนปานกลาง 2-4 คน และเด็กที่มีคะแนนต่ำ 1 คน

2) ครูอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ต่าง ๆ ในการเข้ากลุ่มให้นักเรียนฟัง

ขั้นที่ 1 การประชุมกลุ่มบ้าน

3) ครูให้นักเรียนเลือกสมาชิกในกลุ่มเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ตามคำสั่งในใบงาน "บทบาทของสมาชิกในกลุ่มบ้าน" ที่ครูแจกให้

4) ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ และอธิบายถึงรายชื่อหัวข้อย่อยในเรื่องที่เรียนแต่ละหัวข้อ โดยจำนวนหัวข้อย่อยจะเท่ากับจำนวนของสมาชิกในแต่ละกลุ่ม

5) นักเรียนเลือกศึกษาหัวข้อย่อยที่ไม่ซ้ำกันกับสมาชิกคนอื่นในกลุ่ม ครูแจกใบงานที่ 2 ซึ่งเป็นคำถามในแต่ละหัวข้อย่อยที่แตกต่างกันไป เพื่อให้นักเรียนที่เลือกแต่ละหัวข้อตอบคำถามให้ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

6) นักเรียนที่เลือกศึกษาหัวข้อเดียวกันมารวมกันในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ แต่งตั้งสมาชิกในกลุ่มเพื่อทำหน้าที่ต่าง ๆ ตามคำสั่งในใบงานที่ 3 "กฎของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ" ที่ครูแจกให้

7) นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านเอกสารหรือหนังสือที่ครูเตรียมไว้ให้ โดยรายละเอียดการศึกษาเนื้อหาจะระบุอยู่ในใบงานที่ 3 จากนั้น นักเรียนช่วยกันอภิปราย

ขั้นที่ 3 การเสนอความรู้ในกลุ่มบ้าน

8) นักเรียนกลับไปทีกลุ่มบ้านของตน สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนจะผลัดกันเพื่อเสนอความรู้ที่ได้รับในการเข้าประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ โดยปฏิบัติตามคำสั่งในใบงานที่ 4 "นำเสนออย่างผู้เชี่ยวชาญ" สมาชิกในกลุ่มจะร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับหัวข้อที่ผู้อื่นในกลุ่มรับผิดชอบ

9) นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายในชั้น มีการนำเสนอผลงานของแต่ละกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาของแต่ละกลุ่มบ้านให้ตรงกัน

การให้คะแนนจะได้เป็นคะแนนกลุ่ม โดยการนำคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังการเรียนรู้มาเปรียบเทียบกับระดับคะแนนที่นักเรียนได้ทำไว้ก่อนการเรียนรู้

การให้คะแนนพัฒนาการจากการเปรียบเทียบคะแนนได้ดังนี้

คะแนนสอบพัฒนาการ	คะแนน
ต่ำกว่าคะแนนเปรียบเทียบมากกว่า 10 คะแนน	5
ต่ำกว่าคะแนนเปรียบเทียบระหว่าง 1-10 คะแนน	10
มากกว่าคะแนนเปรียบเทียบระหว่าง 1-10 คะแนน	20
มากกว่าคะแนนเปรียบเทียบมากกว่า 10 คะแนน	30
ได้คะแนนเต็มในการทดสอบ	35

คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ได้ คือ การนำคะแนนพัฒนาการที่ได้ในแต่ละคนมาหาเฉลี่ยโดยมีเกณฑ์ในการให้รางวัลกลุ่มที่ได้คะแนนเฉลี่ยระดับต่าง ๆ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยกลุ่ม	รางวัล
16	GOODTEAM
21	GREATTEAM
26	SUPERTEAM

การเรียนรู้ร่วมมือแบบจิ๊กซอร์ จะทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในการเรียนรู้มากขึ้นเนื่องจากแต่ละคนมีบทบาทในการศึกษา และให้ความรู้แก่สมาชิกคนอื่น ๆ ในกลุ่ม และคะแนนของกลุ่มขึ้นกับคะแนนของตนด้วย

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.178-180) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคจิ๊กซอร์ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิคจิ๊กซอร์เหมาะสำหรับการจัดการเรียนรู้เนื้อหาสาระที่มีลักษณะดังนี้

- 1) ใช้บทวนเนื้อหาที่เรียนมาแล้วที่มีหลาย ๆ หัวข้อ
- 2) ใช้จัดการเรียนรู้เนื้อหาความรู้ใหม่ที่สามารถแยกเนื้อหาเป็นตอนย่อย ๆ ได้ ซึ่งตอนย่อยนั้น นักเรียนสามารถศึกษาเรียนรู้หรือทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง
- 3) ใช้กับเนื้อหาที่นักเรียนสามารถศึกษาเรียนรู้จากเอกสาร ตำรา บทความ ไปความรู้ ตลอดจนสื่ออื่น ๆ เช่น เทป วีดิทัศน์ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมเนื้อหา

- 1.1) ครูจัดเตรียมเนื้อหาสาระหรือเรื่องที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยแบ่งเนื้อหาหรือหัวข้อที่จะเรียนออกเป็นหัวข้อย่อยเท่ากับจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม เช่น ถ้าขนาดกลุ่มละ 4 คนก็แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วน เป็นต้น

ขั้นที่ 2 ขั้นจัดกลุ่มนักเรียน

- 2.1) ครูจัดแบ่งกลุ่มนักเรียนให้มีสมาชิกที่มีความสามารถคละกัน เป็นกลุ่มพื้นฐาน (Home Groups) จำนวนสมาชิกในกลุ่มอาจมี 2-6 คนก็ได้
- 2.2) ครูแจกเอกสาร อุปกรณ์หรือสื่อการเรียนรู้ให้กลุ่มละ 1 ชุด หรือให้สมาชิกคนละ 1 ชุดก็ได้ (ซึ่งทุกกลุ่มจะศึกษาในเรื่องเดียวกัน)
- 2.3) มอบหมายให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนรับผิดชอบศึกษา ค้นคว้า เพียงคนละ 1 ส่วน ซึ่งหากครูแจกเอกสารให้เพียงกลุ่มละ 1 ชุดก็ให้นักเรียนแยกเอกสารออกเป็น ส่วนๆ ตามหัวข้อย่อย เช่น แบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน ครอบมอบหมายงานดังนี้

สมาชิกคนที่ 1 รับผิดชอบอ่าน ศึกษาหรือค้นคว้าเฉพาะ หัวข้อย่อยที่ 1

สมาชิกคนที่ 2 รับผิดชอบอ่าน ศึกษาหรือค้นคว้าเฉพาะ หัวข้อย่อยที่ 2

สมาชิกคนที่ 3 รับผิดชอบอ่าน ศึกษาหรือค้นคว้าเฉพาะ หัวข้อย่อยที่ 3

สมาชิกคนที่ 4 รับผิดชอบอ่าน ศึกษาหรือค้นคว้าเฉพาะ หัวข้อย่อยที่ 4

ขั้นที่ 3 ขั้นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Groups) ศึกษา ค้นคว้าและเรียนรู้

- 3.1) สมาชิกที่ทำหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะแยกย้ายจากกลุ่มพื้นฐาน (Home Groups) ไปจับกลุ่มใหม่เพื่อทำการศึกษาเอกสารหรือค้นคว้าเพิ่มเติม

ในส่วนที่ตนเอง ได้รับมอบหมาย โดยสมาชิกที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาหัวข้อย่อยเดียวกันจะไปในรรวมกลุ่มกันกลุ่มละ 3-6 คน หรือตามจำนวนที่ครูกำหนด

3.2) สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะอ่านเอกสาร ศึกษา หรือค้นคว้าสรุปเนื้อหาสาระ จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอ และเตรียมนำไปสอนหรือให้ความรู้แก่สมาชิกในกลุ่มพื้นฐาน (Home Groups) หรือกลุ่มเดิมของตนเองในขั้นนี้ครูจะต้องดูแล เอาใจใส่ เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

ขั้นที่ 4 ขั้นสมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเสนอความรู้

4.1) ผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มกลับไปกลุ่มเดิมของตนแล้ว ผัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันอธิบายให้ความรู้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มทีละคนจนครบ มีการซักถามข้อสงสัย ตอบปัญหา ทบทวนให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 5 ขั้นทดสอบความรู้

5.1) ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำการทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ ที่ครอบคลุมทุกหัวข้อที่เรียนรู้ แล้วนำคะแนนของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนของกลุ่ม

ขั้นที่ 6 ขั้นมอบรางวัล

6.1) ครูมอบรางวัลหรือให้คำชื่นชม ชมเชย กลุ่มที่ได้คะแนนรวม สูงสุด

ทศนา เขมมณี (2556, น.65) ได้เสนอกระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบจิ๊กซอว์ (Jigsaw) ดังต่อไปนี้

1) จัดนักเรียนเข้ากลุ่มคละความสามารถ (เก่ง-กลาง-อ่อน) กลุ่มละ 4 คน และเรียกกลุ่มนี้ว่า กลุ่มบ้านของเรา (home group)

2) สมาชิกในกลุ่มบ้านของเราได้มอบหมายให้ศึกษาเนื้อหาสาระคนละ 1 ส่วน (เปรียบเสมือนได้ชิ้นส่วนของภาพตัดต่อคนละ 1 ชิ้น) และหาคำตอบในประเด็นปัญหาที่ครูมอบหมายให้

3) สมาชิกในกลุ่มบ้านของเราแยกย้ายไปรวมกับสมาชิกกลุ่มอื่นซึ่งได้รับเนื้อหาเดียวกัน ตั้งเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (expert group) ขึ้นมา และร่วมกันทำความเข้าใจในเนื้อหานั้นอย่างละเอียด และร่วมกันอภิปรายหาคำตอบประเด็นปัญหาที่ครูมอบหมายให้

4) สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลับไปสู่กลุ่มบ้านของเรา แต่ละคนช่วยสอนเพื่อนในกลุ่มให้เข้าใจในสาระที่ตนได้ศึกษาร่วมกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เช่นนี้ สมาชิกทุกคนก็จะได้เรียนรู้ภาพรวมของสาระทั้งหมด

5) นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบ แต่ละคนจะได้คะแนนเป็นรายบุคคล และนำคะแนนของทุกคนในกลุ่มบ้านของเรามารวมกัน (หรือหาค่าเฉลี่ย) เป็นคะแนนกลุ่ม กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดได้รับรางวัล

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การจัดกลุ่มนักเรียน โดยกำหนดขนาดของกลุ่มตามจำนวนหัวข้อย่อยในแต่ละคาบเรียน กลุ่มละ 4-5 คน และจัดนักเรียนเข้ากลุ่มบ้าน (Home group) ซึ่งจะได้นักเรียนที่ความสามารถกัน (เก่ง กลาง อ่อน)

ขั้นที่ 2 การมอบหมายงาน ครูแบ่งเนื้อหาที่จะเรียนออกเป็นหัวข้อย่อยเท่ากับจำนวนสมาชิกในกลุ่มบ้าน ให้สมาชิกแต่ละคนรับผิดชอบเนื้อหาหัวข้อย่อยไปศึกษา ค้นคว้า คนละ 1 หัวข้อ

ขั้นที่ 3 การศึกษาค้นคว้า โดยสมาชิกในกลุ่มบ้านแยกย้ายไปรวมกับสมาชิกกลุ่มอื่นที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาหัวข้อเดียวกัน มารวมกันเป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert group) เพื่อศึกษาหาความรู้จากสื่อ เอกสาร ใบงานและใบความรู้และเตรียมการถ่ายทอดความรู้ต่อสมาชิกกลุ่มบ้าน

ขั้นที่ 4 การถ่ายทอดความรู้ สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลับไปยังกลุ่มบ้านของตนแล้วผลัดกันถ่ายทอดความรู้ให้เพื่อนในกลุ่มจนทุกคนในกลุ่มเข้าใจ สมาชิกในกลุ่มร่วมกันอภิปรายและซักถาม

ขั้นที่ 5 ทดสอบความรู้ ทุกคนทำแบบทดสอบ ให้คะแนนรายบุคคลแล้วนำคะแนนทุกคนในกลุ่มบ้านมารวมกันเป็นคะแนนกลุ่ม กลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุดได้รับรางวัล

4) แนวทางกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ของ Steinbrink, J. J., and Stahl, R. J. (1994, p.138) ร่วมกับ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545a, น.178-180) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 2 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ของ Steinbrink, J. J., and Stahl, R. J. (1994, p.138)	การจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW ของสุทธิชัย มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น. 178-180)	กิจกรรมการเรียนรู้ แบบร่วมมือด้วย เทคนิคJIGSAW ที่เสริมสร้าง ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบอุปนัย	ความสามารถในการให้ เหตุผลแบบอุปนัยที่ แสดงออก
การเตรียมความพร้อม ของกลุ่ม	ขั้นเตรียมเนื้อหา	ขั้นทบทวนความรู้เดิม และเตรียมเนื้อหาใหม่ (Old & New)	
ขั้นการประชุมกลุ่มบ้าน	ขั้นจัดกลุ่มนักเรียน	ขั้น แบ่ง ก ลุ่ ม บ้ า น (Home)	1) ค้นหาความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลร่วมกัน ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะ นำไปสู่ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลของข้อความ คาดการณ์ที่ถูกต้อง
ขั้นการประชุมกลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญ	ขั้นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Expert Groups) ศึกษา ค้นคว้าและเรียนรู้	ขั้น ก ลุ่ ม เชี่ยว ข า ญ (Expert)	
ขั้นการเสนอความรู้ใน กลุ่มบ้าน	ขั้น ส ม า ข ิ ก ก ลุ่ ม ผู้เชี่ยวชาญเสนอความรู้	ขั้นเสนอความรู้ (Share)	2) เขียนอธิบายข้อความ คาดการณ์ที่ได้จากการ สังเกตจากทำกิจกรรมการ เรียนรู้ ที่ ได้ จ า ก การ หา ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุ เป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูล ย่อย ๆ ซึ่งข้อความคาดการณ์ที่ได้ น่าจะมีความถูกต้องโดยไม่ ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แต่ ก็ไม่พบข้อขัดแย้งในการทำ กิจกรรมการเรียนรู้
ขั้น ท ด ส อ บ ค ว า ม รູ້ (Check)			

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังมาแล้ว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAWประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ขั้นทบทวนความรู้เดิมและเตรียมเนื้อหาใหม่ (Old & New)

1.1) ทบทวนความรู้เดิมที่เรียนมาแล้วที่เป็นพื้นฐานที่จะใช้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้

1.2) ครูจัดเตรียมเนื้อหาสาระใหม่ (ใบกิจกรรม) ที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยแบ่งเนื้อหาเรียนออกเป็นหัวข้อย่อยเท่ากับจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม สำหรับในหลักสูตรนี้ จะแบ่งขนาดกลุ่มละ 6 คนและแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสังเกตการณ์ย่อย ๆ อย่างน้อย 3 หัวข้อย่อย (เช่น การหาพื้นที่ผิวของปริซึม แบ่งเนื้อหาเป็นกลุ่มที่ 1 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมสามเหลี่ยม กลุ่มที่ 2 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมสี่เหลี่ยม และกลุ่มที่ 3 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น)

2) ขั้นแบ่งกลุ่มบ้าน (Home)

2.1) ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนให้มีสมาชิกที่มีความสามารถคละกัน เก่ง 2 คน ปานกลาง 2 คน และอ่อน 2 คน เป็นกลุ่มบ้าน (Home Groups) จำนวนสมาชิกในกลุ่มมี 6 คน

2.2) ครูแจกใบกิจกรรม พร้อมกับสื่อการเรียนรู้ให้กลุ่มละ 1 ชุด ทุกกลุ่มจะศึกษาเนื้อหาเดียวกัน

2.3) ให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคนรับผิดชอบศึกษาหัวข้อย่อยตามความสนใจ (ควรให้นักเรียนจับคู่แบบเพื่อนช่วยเพื่อน (เก่งอ่อน)) คำนวณค่าละ 1 ส่วน ซึ่งหากครูแจกเอกสารให้กลุ่มละ 1 ชุด นักเรียนแบ่งเอกสารออกเป็นส่วน ๆ ตามหัวข้อย่อย เช่น แบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 6 คน ครอบคลุมหมายงานดังนี้

สมาชิกคู่ที่ 1 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 1

สมาชิกคู่ที่ 2 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 2

สมาชิกคู่ที่ 3 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 3

3) ชั้นกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert)

3.1) สมาชิกผู้ที่ทำหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคู่จะออกจากกลุ่มบ้าน (Home) ไปจับกลุ่มใหม่เพื่อทำการศึกษาเอกสารเพิ่มเติม ในส่วนที่ตนเองสนใจ โดยสมาชิกที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาหัวข้อย่อยเดียวกันจะไปนั่งรวมกลุ่มกันกลุ่มละ 6 คน หรือตามจำนวนที่ครูกำหนด

3.2) สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะอ่านเอกสารศึกษาสรุปเนื้อหาสาระ (ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล) จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอ และเตรียมนำไปสอนให้ความรู้แก่สมาชิกในกลุ่มบ้าน (Home) ของตนเองในขั้นนี้ครูจะต้องดูแล เอาใจใส่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

4) ชั้นเสนอความรู้ (Share)

4.1) ผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มกลับกลุ่มบ้านของตนแล้วผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันอธิบายให้ความรู้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มที่ละคู่จนครบ มีการซักถามข้อสงสัย ตอบปัญหา ทบทวนให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน

4.2) ครูทบทวนความหมายของคำว่า “ข้อความคาดการณ์” ให้นักเรียนทบทวนอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเขียนข้อความคาดการณ์ลงไปกิจกรรม

4.3) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งใบกิจกรรมที่ได้เขียนข้อความคาดการณ์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความที่นักเรียนเขียน พร้อมให้คำแนะนำเพิ่มเติม ในกรณีที่ข้อความคาดการณ์ยังไม่ครบถ้วนหรือมีความคลาดเคลื่อน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจนและตรงตามแนวคิดที่ถูกต้องร่วมกัน

5) ชั้นทดสอบความรู้ (Check)

5.1) ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำการทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ที่ครอบคลุมทุกหัวข้อที่เรียนรู้ แล้วนำคะแนนของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนของกลุ่ม

5.2) ครูให้นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบในใบกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนทุกคน โดยครูให้นักเรียนทำทุกคน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าผ่าน และถ้ากลุ่มใดที่นักเรียนผ่านทุกคนจะถือว่าเป็นกลุ่มดีเลิศ

1.8.3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided discovery learning)

การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เป็นแนวทางหนึ่งของการเรียนรู้เชิงรุกที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูคอยแนะนำและ

สนับสนุนอย่างเหมาะสมเพื่อให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการนี้มุ่งเน้นกระบวนการคิดผ่านการลงมือปฏิบัติจริงมากกว่าการสอนเนื้อหาโดยตรง ทั้งนี้ เนื่องจากแนวทางดังกล่าวถือเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ ผู้วิจัยจึงขอเสนอ ความหมายโดยรวมของการเรียนรู้แบบค้นพบก่อน และจึงกล่าวถึงรายละเอียดของการเรียนรู้แบบ ค้นพบที่มีการแนะแนวทางในลำดับถัดไป

1) ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการ ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบไว้ดังนี้

การเรียนรู้แบบค้นพบเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาส ให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่าน สถานการณ์หรือปัญหาที่กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม แก้ไขปัญหา สังเกต และตรวจสอบสมมติฐาน โดยผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้เดิมมาเชื่อมโยงกับข้อมูลใหม่ที่ได้พบจากการเรียนรู้ เพื่อสร้างความเข้าใจ หรือข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ของตนเอง ทั้งนี้ ครูมีบทบาทสำคัญในการออกแบบกิจกรรมที่ เป็นระบบ วางแผนและดูแลกระบวนการเรียนรู้อย่างใกล้ชิด พร้อมทั้งแนะนำหรือชี้แนะแนวทางใน ลักษณะของการอำนวยความสะดวกมากกว่าการถ่ายทอดความรู้โดยตรง กระบวนการเรียนรู้ ลักษณะนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องการความตั้งใจและความ พากเพียรของผู้เรียนในการแสวงหาคำตอบ (Moore, K. D., and Quinn, C., 1994, pp.212-213)

แนวคิดของ Bruner, J. S. (1960, p.138) ได้เสนอแนวคิด สนับสนุนการเรียนรู้แบบค้นพบ โดยชี้ให้เห็นว่าแก่นแท้ของการเรียนรู้มิได้อยู่ที่ผลลัพธ์สุดท้าย หากแต่อยู่ที่ “กระบวนการ” ที่ผู้เรียนได้ฝึกฝนการคิดอย่างเป็นระบบ การตั้งคำถาม การสร้าง สมมติฐาน ตลอดจนการสรุปจากประสบการณ์ตรง โดยเฉพาะในบริบทที่ผู้เรียนยังไม่มี ความคุ้นเคย ซึ่งล้วนเป็นกระบวนการที่นำไปสู่การเรียนรู้ที่มีความหมาย

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญใน การสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสำรวจ ทดลอง ตั้งคำถาม สังเกต วิเคราะห์ และ แก้ไขปัญหา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับสิ่งที่ ค้นพบใหม่ด้วยตนเอง การเรียนรู้ในลักษณะนี้จึงเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง และส่งเสริม การพัฒนาทักษะทางปัญญา อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ที่มีความหมายและยั่งยืน

2) ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะ

แนวทาง

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการ ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางไว้ดังนี้

Kiki Yuliani and Sahat Saragih (2015, p.118) ได้สรุปว่า รูปแบบการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่นำเสนอปัญหาหรือคำถามที่ทำให้นักเรียนสามารถคิด สังเกต สร้างข้อความคาดการณ์ ตีความอธิบายและวิเคราะห์ปัญหาเพื่อค้นหาความรู้พร้อมการแนะแนวทางและคำแนะนำจากครูผู้สอน

Rafika Said, Sudiyanto Sudiyanto, and Usodo (2019, p.6) ได้สรุปว่า การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางเป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบค้นพบที่ดำเนินการโดยนักเรียนตามคำแนะนำของครู โดยทั่วไปจะมีคำแนะนำในรูปแบบของการแนะแนวทางซึ่งในฐานะผู้อำนวยความสะดวก ครูจะแนะแนวทางนักเรียนเมื่อใดก็ตามที่ต้องการครู ในรูปแบบการเรียนรู้นี้ นักเรียนควรคิดเองเพื่อจะได้ค้นหาหลักทั่วไปตามเนื้อหาหรือข้อมูลที่ครูให้มา

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งหมายให้นักเรียน ค้นพบความรู้ หรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ตั้งคำถาม ปัญหา หรือกำหนดสถานการณ์ ปัญหาแล้วให้นักเรียนแก้ปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น ซึ่งครูเป็นผู้ให้คำแนะนำเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายในการเรียนรู้

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางที่ได้นำเสนอไว้ก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษา แนวทางการเรียนรู้ดังกล่าวในเชิงลึก โดยในการกล่าวถึงหลักการ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ลักษณะเด่นและข้อจำกัด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะอ้างอิงจากแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบเป็นหลัก ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางถือเป็นแนวปฏิบัติย่อยที่อยู่ภายใต้กรอบแนวคิดของการเรียนรู้แบบค้นพบ ผู้วิจัยจึงประยุกต์แนวคิดดังกล่าวให้สอดคล้องกับรูปแบบที่เน้นบทบาทของครูในฐานะผู้ชี้แนะและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของผู้เรียน

3) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการ ได้ให้รายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบไว้ดังนี้

Moore and Quinn (1994, pp.213-214) ได้เสนอ ขั้นตอนการ
จัดการเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning) ดังนี้

1) ขั้นเลือกปัญหา (Problem Selection)

- เลือกปัญหาที่ใกล้ตัวผู้เรียนเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ใน
ชีวิตประจำวัน

- ควรเป็นปัญหาที่ท้าทายและกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากหา

คำตอบ

- ครูเตรียมคำถามกระตุ้นการคิดและคำแนะนำเพื่อส่งเสริม

การวิเคราะห์ของผู้เรียน

2) ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา (Proposing Solutions)

- นักเรียนเสนอแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้

- ครูจัดเตรียมแหล่งข้อมูลสนับสนุนการแก้ปัญหา

- สนับสนุนให้นักเรียนไตร่ตรองก่อนตัดสินใจเลือกแนวทาง

3) ขั้นรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

- ครูให้คำแนะนำหรือเทคนิคในการค้นหาและรวบรวมข้อมูล

- นักเรียนสืบค้นข้อมูลตามแนวทางที่เสนอ

4) ขั้นวิเคราะห์และตีความข้อมูล (Data Analysis and
Interpretation)

- นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เหตุผลและตรวจสอบ

สมมติฐาน

- ครูช่วยชี้แนะแนวทางอย่างกว้าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะการคิด

วิเคราะห์ของนักเรียน

5) ขั้นสรุปผล (Conclusion Drawing)

- นักเรียนสรุปความรู้หรือข้อค้นพบจากการวิเคราะห์

- ครูช่วยชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลผ่านคำถามเชิง

กระตุ้นคิด

6) ขั้นทดสอบข้อสรุป (Testing the Conclusion)

- นักเรียนทดสอบและทบทวนข้อสรุปเพื่อยืนยันความถูกต้อง

- เป็นการประเมินว่าความรู้ที่ค้นพบสามารถนำไปใช้ได้จริงหรือไม่

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.31-32) ได้เสนอ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนกระตุ้นความสนใจและสร้างแรงจูงใจแก่ผู้เรียน เพื่อเตรียมความพร้อมทั้งด้านอารมณ์และความคิดในการเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการค้นพบด้วยตนเอง

2) ขั้นเรียนรู้ เป็นกระบวนการสำคัญที่เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงของผู้เรียน โดยประกอบด้วย 3 ลำดับขั้น ดังนี้:

2.1) การใช้วิธีอุปนัยเพื่อค้นพบข้อสรุปเบื้องต้น ผู้สอนจัดการเรียนรู้แบบอุปนัย ซึ่งมีลำดับขั้น ได้แก่ ขั้นเตรียมการ → ขั้นเสนอตัวอย่าง → ขั้นเปรียบเทียบ → ขั้นสรุปกฎเกณฑ์ → ขั้นนำไปใช้ เพื่อให้ผู้เรียนได้สังเกต เปรียบเทียบ และสรุปแนวคิดหรือหลักการจากตัวอย่างที่หลากหลายด้วยตนเอง

2.2) การใช้วิธีนิรนัยเพื่อขยายข้อสรุป ผู้สอนใช้เทคนิคการซักถามหรืออภิปราย เพื่อชี้แนะแนวทางให้ผู้เรียนได้นำข้อสรุปเบื้องต้นที่ค้นพบไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสร้างข้อค้นพบหรือแนวคิดเพิ่มเติมจากสถานการณ์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น

2.3) การสรุปความคิดรวบยอดใหม่ ผู้เรียนสังเคราะห์ข้อค้นพบทั้งจากการใช้วิธีอุปนัยและนิรนัย เพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ หรือความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นด้วยตนเอง

3) ขั้นนำไปใช้ ผู้สอนจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้นำข้อค้นพบไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา หรือสถานการณ์อื่น โดยอาจใช้แบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบหลังเรียน เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น

Markaban (2006 อ้างถึงใน Kiki Yuliani and Sahat Saragih, 2015, p.118) ได้เสนอ ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) การกำหนดปัญหา ครูกำหนดปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนแก้ไข พร้อมให้ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสหรือ “ลิ้มรส” ประสบการณ์ของปัญหานั้น

2) การเตรียมข้อมูล นักเรียนจัดเตรียม ประมวลผล จัดระเบียบ และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากครู

3) การตั้งสมมติฐาน นักเรียนสร้างสมมติฐานหรือคาดการณ์จากผลการวิเคราะห์ที่ตนได้ดำเนินการ

4) การตรวจสอบสมมติฐาน หากจำเป็น ครูจะทำการตรวจสอบหรือให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งขึ้น

5) ทอดสมมติฐานเป็นคำพูด นักเรียนถ่ายทอดสมมติฐานหรือข้อค้นพบออกมาเป็นคำพูดหรือจัดทำรูปแบบที่สามารถสื่อสารได้ชัดเจน

6) การยืนยันผลการค้นพบ หลังจากนักเรียนค้นพบสิ่งที่ต้องการแล้ว ครูจะจัดกิจกรรมหรือคำถามเพิ่มเติมเพื่อทดสอบว่าสิ่งที่ค้นพบนั้นถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ

คทาไชย ทักษิธิธา (2560, น.100-101) ได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางของ Moore & Quinn มาเป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการเลือกปัญหา ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา จากนั้นให้นักเรียนเลือกสถานการณ์ปัญหา แล้วร่วมมือกันเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาไปพร้อมกับครูในคาบเรียน

2) ขั้นการเสนอวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนบันทึกแนวทางการแก้ปัญหาของตนเอง โดยครูใช้ คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสามารถระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็น

3) ขั้นการรวบรวมข้อมูล ครูเลือกนักเรียนมาเสนอแนวทางการแก้ปัญหา และให้นักเรียนทุกคนร่วมกันวิพากษ์แนวทางการแก้ปัญหาที่เพื่อนนำเสนอ

4) ขั้นการวิเคราะห์และตีความข้อมูล นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามแนวทางการแก้ปัญหาจากขั้นการรวบรวมข้อมูล โดยครูคอยตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนการแก้ปัญหา

5) ขั้นสรุป นักเรียนสรุปคำตอบของสถานการณ์ปัญหา โดยครูใช้คำถามเพื่อให้ นักเรียนระบุความสมเหตุสมผลของคำตอบ ความรู้ที่ได้ หรือวิธีการแก้ปัญหาที่ค้นพบ

6) ขั้นทดสอบข้อสรุป นักเรียนนำข้อสรุปที่ค้นพบมาใช้แก้สถานการณ์ปัญหาอื่นที่ได้จากขั้นการเลือกปัญหด้วยตนเอง



ภาพประกอบ 3 รูปแบบทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ของการสอบสวน

จากการพิจารณาลำดับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบควบคู่กับแนวทางการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง พบว่าทั้งสองแนวคิดมีลักษณะร่วมกันในด้านการมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิดวิเคราะห์ การหาข้อสรุปจากสถานการณ์หรือปัญหาที่ได้รับมอบหมาย โดยมีบทบาทของครูในฐานะผู้แนะแนว ส่งเสริมการคิด และสนับสนุนให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ แม้ลำดับขั้นตอนของการจัดกิจกรรมอาจมีความแตกต่างกันไปตามระดับชั้น บริบทของผู้เรียน หรือเนื้อหาวิชา แต่โดยภาพรวมสามารถสรุปขั้นตอนหลักของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางอันประกอบด้วย (1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนผ่านการตั้งปัญหา (2) ขั้นเรียนรู้และสังเกตเพื่อหาวิธีแก้ปัญห (3) ขั้นรวบรวมข้อมูลและค้นหาความเชื่อมโยง (4) ขั้นวิเคราะห์และตีความข้อมูล (5) ขั้นสรุปเป็นข้อความคาดการณ์ และ (6) ขั้นนำข้อความคาดการณ์ไปประยุกต์ใช้

4) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบไว้ดังนี้

William Baker (2016, p.250) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบคือ การสร้างเงื่อนไขที่ดีที่เอื้ออำนวยต่อช่วงเวลาของการค้นพบของนักเรียน ซึ่งก็คือ

การสื่อสารและการจัดการเรียนรู้ ความมุ่งหวังของความสำเร็จของเทคนิคนี้ในฐานะเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้มีพื้นฐานมาจากความเชื่อที่ว่า กระบวนการค้นพบความรู้จะช่วยให้แก่นักเรียนทั้งสนุกสนานและได้ฝึกด้านจิตใจเกิดคุณภาพที่ยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงจากนิสัยแห่งความล้มเหลวสู่ความเป็นเลิศ และการตั้งข้อสังเกต เพื่อสร้างเงื่อนไขดังกล่าว เพื่อสนับสนุนกระบวนการของการมีส่วนร่วมของนักเรียน และการค้นพบอีกครั้งของเครื่องมือสำคัญทางคณิตศาสตร์สำหรับผู้สอน คือ การสร้างโครงของหลักสูตรและบทสนทนาในชั้นเรียน

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบที่มีประสิทธิภาพ ควรได้รับการออกแบบโดยครูให้เอื้อต่อการลงมือปฏิบัติจริงของผู้เรียน เปิดโอกาสให้คิดวิเคราะห์อย่างอิสระ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูทำหน้าที่วางกรอบแนวทาง ช่วยกระตุ้น และให้การสนับสนุนอย่างเหมาะสม เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้อย่างลึกซึ้งและยั่งยืน

5) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ

แม้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้จะมีความหลากหลาย แต่ละวิธีล้วนมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้สอนควรศึกษาและพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนนำมาใช้ เพื่อให้สามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก โดยตระหนักถึงทั้งจุดแข็งและข้อจำกัดของวิธีดังกล่าวตามที่ปรากฏในแนวคิดของนักวิชาการหลายท่าน ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางถือเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้แบบค้นพบในภาพรวม ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลจากการศึกษาข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทของการวิจัย โดยข้อจำกัดดังกล่าวได้รับการกล่าวถึงในงานวิจัยและเอกสารทางวิชาการของนักการศึกษาหลายท่าน ดังนี้

สุรางค์ ไคว้ตระกูล (2559, น.323-324) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบมีข้อเสียหรือข้อจำกัดหลายประการ เช่น บางครั้งนักเรียนค้นพบหลักหรือกฎเกณฑ์อย่างผิดๆและครูไม่มีเวลาที่จะแก้ไขได้ทันทั่วทั้ง นอกจานี้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบจะไม่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีความตื่นตระหนกสูง ประกอบกับการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบต้องใช้เวลาค่อนข้างมาก Skinner ซึ่งเป็นนักจิตวิทยาคนหนึ่งที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบให้นักเรียนค้นพบสิ่งที่มีคนค้นพบมาแล้วเป็นการเสียเวลา อีกทั้งหน้าที่สำคัญของโรงเรียนและครูคือการถ่ายทอดความรู้ที่มีผู้ค้นพบและวัฒนธรรมที่สะสมมาเป็นเวลานานให้แก่แก่นักเรียนรุ่นหลัง ดังนั้น

การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบให้นักเรียนเรียนอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องคำนึงถึงวิชาที่สอน ลักษณะของนักเรียน และพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนด้วย

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า

- 1) อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน หากไม่มีการชี้แนะที่เหมาะสม นักเรียนอาจสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ผิดพลาด
- 2) ใช้เวลาในการสอนมาก กระบวนการเรียนรู้และการดูแลรายบุคคลต้องใช้เวลามาก ครูอาจไม่สามารถให้คำแนะนำได้ทันทุกคน
- 3) ไม่เหมาะกับผู้เรียนที่วิตกกังวลสูง ผู้เรียนบางคนอาจเครียดหรือไม่มั่นใจในการเรียนรู้ที่ต้องพึ่งตนเอง
- 4) เสี่ยงต่อการเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ หากไม่มีการวางแผนที่ดี อาจกลายเป็นการค้นพบสิ่งที่มีผู้ค้นพบแล้ว ซึ่งไม่เกิดประโยชน์
- 5) ต้องพิจารณาปัจจัยแวดล้อมอย่างรอบด้าน เช่น ความเหมาะสมของเนื้อหา ลักษณะผู้เรียน และพัฒนาการทางสติปัญญา เป็นต้น

6) แนวทางกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทางที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ ด้วยการแนะแนวทางของ Moore and Quinn (1994, pp.213-214), สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.31-32) และ Markaban (2006 อ้างถึงใน Kiki Yuliani and Sahat Saragih, 2015, p.118) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้นดังมีรายละเอียด

ตาราง 3 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

วิธีการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ (Moore, K. D., and Quinn, C., 1994, pp.213-214)	วิธีการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2545, น.31-32)	วิธีการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทาง (Markaban, 2006) อ้างถึงใน Kiki Yuliani and Sahat Saragih, 2015, p.118)	กิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่แสดงออก
ขั้นการเลือกปัญหา ควรเลือกปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนพบเห็นเป็นประจำ และเป็นปัญหาที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ ผู้สอนจะต้องเตรียมคำถามและคำแนะนำที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดและวิเคราะห์ปัญหา	ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนกระตุ้นและเร้าความสนใจของผู้เรียนให้สนใจที่จะศึกษาบทเรียน	(1) กำหนดปัญหาที่จะให้กับนักเรียนที่มีข้อมูลเพื่อลึ้มรส	ขั้นเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหา ครูกระตุ้น ดึงดูดความสนใจของนักเรียนโดยใช้การจำลองปัญหาที่ใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียน และใช้คำถามในการให้นักเรียนได้คิดและวิเคราะห์ปัญหา และให้คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ด้วยตนเอง	
ขั้นเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนจะต้องจัดให้มีและแนะนำแหล่งข้อมูลที่มีรายละเอียดสัมพันธ์กับปัญหา เมื่อนักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนควรให้นักเรียนได้ตรวจสอบก่อนตัดสินใจเลือกวิธีนั้น ๆ ซึ่งเป็นวิธีแก้ปัญหาที่คาดว่า จะเป็นไปได้	ขั้นเรียนรู้ ประกอบด้วย 1) ผู้สอนใช้วิธีจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยในตอนต้นขั้นเตรียมการ ขั้นเสนอตัวอย่าง ขั้นเปรียบเทียบ ขั้นสรุป กฎเกณฑ์ และขั้นนำไปใช้)	(2) ข้อมูลที่ครูจัดให้นักเรียนเตรียมประมวลผล จัดระเบียบ และวิเคราะห์ข้อมูล	ขั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา นักเรียนคิดวิธีแก้ปัญหาที่ครูจำลองขึ้นด้วย ตามเงื่อนไขในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนด (เพื่อให้ นักเรียนได้ความรู้ตามเป้าหมายตามที่ครูกำหนด) จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา	

ตาราง 3 (ต่อ)

วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบ (Moore, K. D., and Quinn, C., 1994, pp.213-214)	วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2545, น.31-32)	วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบโดยการ แนะแนวทาง (Markaban (2006) อ้างถึงใน Kiki Yuliani and Sahat Saragih, 2015, p.118)	กิจกรรมการเรียนรู้ แบบค้นพบด้วยการ แนะแนวทางที่ เสริมสร้าง ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบอุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นรวบรวมข้อมูล ผู้สอนควรให้ คำแนะนำ และเทคนิค ในการรวบรวมข้อมูล	2) ผู้สอนใช้วิธีการ เรียนรู้ แบบนิรนัย เพื่อให้ผู้เรียนนำ ข้อสรุปที่ได้ในข้อ 1 ไป ใช้ เพื่อเรียนรู้หรือ ค้นพบข้อสรุปใหม่ใน ตอนที่สอง โดยอาศัย เทคนิค การซักถาม ได้ตอบ หรืออภิปราย เพื่อเป็นแนวทางใน การค้นพบ	(3) นักเรียนร่างการ คาดเดา (คาดการณ์) ของผลการวิเคราะห์ที่ ทำ (4) ถ้าจำเป็น การคาด เดาที่ให้นักเรียน ได้รับการตรวจสอบ โดยครู (5) การคาดเดาด้วย วาจาที่ส่งให้นักเรียน จัดเตรียม	ขั้นรวบรวมข้อมูลหา ความสัมพันธ์ นักเรียนลงมือแก้ปัญหา ตามวิธีการที่ตนเองได้ นำเสนอ โดยใช้สื่อการ เรียนรู้ที่ครูเตรียมไว้ให้ พร้อมสังเกตรวบรวม ข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้น จากวิธีการแก้ปัญหา	1) ค้นหาความสัมพันธ์ อย่างเป็นเหตุเป็นผล ร่วมกันระหว่างข้อมูล ย่อย ๆ ที่นำไปสู่ ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลของ ข้อคาดการณ์ที่ ถูกต้อง
ขั้นวิเคราะห์และ ตีความข้อมูล ผู้สอน ควรแนะนำนักเรียนใน การหาความเป็นเหตุ เป็นผลของสมมติฐาน	3) ผู้เรียนสรุปข้อ ค้นพบหรือความคิด รวบยอดใหม่		ขั้นวิเคราะห์และ ตีความข้อมูล นักเรียนหาความสัมพันธ์ ของข้อมูลย่อย ๆ ที่ เกิดขึ้นจากวิธีการ แก้ปัญหา	
ขั้นการสรุป การตีความข้อมูลต้อง ทำอย่างระมัดระวัง ผู้สอนสามารถช่วยที่ กรอบกว้าง ๆ แสดงให้ เห็น ความสัมพันธ์และการ ใช้คำถามนำ ซึ่งการ ช่วยเหลือของครูจะ ช่วยพัฒนาทักษะของ นักเรียนในการเข้าถึง ข้อสรุปได้อย่างมี เหตุผล			ขั้นการสรุปข้อความ คาดการณ์ นักเรียนนำความสัมพันธ์ ของข้อมูลที่ได้มาเขียน ข้อสรุป (ข้อความ คาดการณ์)	2) เขียนอธิบาย ข้อความคาดการณ์ที่ ได้จากการสังเกตจาก ทำกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ได้จากการหา ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลร่วมกัน ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ซึ่งข้อความคาดการณ์ที่ได้ น่าจะมีเหตุผลถูกต้อง โดยไม่ต้องทำพิสูจน์ว่า เป็นจริง แต่ก็ไม่พบข้อ ขัดแย้งในการทำ กิจกรรมการเรียนรู้

ตาราง 3 (ต่อ)

วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบ (Moore, K. D., and Quinn, C., 1994, pp.213-214)	วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบ (สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ, 2545, น.31-32)	วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบค้นพบโดยการ แนะแนวทาง (Markaban (2006) อ้างถึงใน Kiki Yuliani and Sahat Saragih, 2015, p.118)	กิจกรรมการเรียนรู้ แบบค้นพบด้วยการ แนะแนวทางที่ เสริมสร้าง ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบอุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นตอนสอบข้อสรุป ข้อสรุปต้องได้รับการ ทดสอบและทบทวน ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย ของการแก้ปัญหาโดย การค้นพบ	ขั้นนำไปใช้ ผู้สอนให้ผู้เรียน นำเสนอแนวทางการ นำข้อค้นพบที่ได้ไปใช้ แก้ปัญหา อาจจะใช้ วิธีการให้ทำ แบบฝึกหัดหรือ แบบทดสอบหลังเรียน เพื่อประเมินผลว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ จริงหรือไม่	(6) หลังจากที่นักเรียน พบสิ่งที่ต้องการแล้ว ครูควรจัดให้มี แบบฝึกหัดหรือคำถาม เพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบ ว่าสิ่งที่ค้นพบนั้นเป็น ความจริง	ขั้นนำข้อความ คาดการณ์ไปใช้ นักเรียนนำข้อความ คาดการณ์ที่ได้ไปใช้ตอบ คำถามในใบตรวจสอบ ความรู้	

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนำมาแล้ว ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ขั้นเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหา

ครูเริ่มต้นด้วยการยกสถานการณ์หรือปัญหาที่ใกล้เคียงกับประสบการณ์ของผู้เรียน เพื่อสร้างแรงจูงใจและความเชื่อมโยงกับเนื้อหา พร้อมตั้งคำถามกระตุ้นการคิดวิเคราะห์เบื้องต้น โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการความสละสลวยและแนะแนวทางการคิดอย่างเหมาะสม เพื่อให้ นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล

2) ขั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา

นักเรียนเสนอแนวทางแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขที่ครูกำหนด เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน จากนั้นนำเสนอแนวคิดของตนเองต่อเพื่อนร่วมกลุ่มหรือชั้นเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และรับข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อน เพื่อนำไปปรับปรุงวิธีการให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3) ขั้นรวบรวมข้อมูลหาความสัมพันธ์

นักเรียนลงมือปฏิบัติตามวิธีการที่ตนเองนำเสนอ โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ครูเตรียมไว้ให้ เช่น แบบจำลอง รูปเรขาคณิต หรือใบกิจกรรม พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการทดลองหรือการแก้ปัญหา โดยเน้นการสังเกตอย่างมีระบบและมีเป้าหมาย

4) ขั้นวิเคราะห์และตีความข้อมูล

นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ โดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งอาจเป็นการเชื่อมโยงรูปแบบ ความเหมือน ความแตกต่าง หรือแนวโน้มบางประการ โดยครูจะช่วยให้แก่นักเรียนใช้เหตุผลและหลักคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ

5) ขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์

นักเรียนสังเคราะห์และนำความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้มาสร้างเป็นข้อสรุปหรือ “ข้อความคาดการณ์” ซึ่งเป็นแนวคิดหรือหลักการที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูสามารถตั้งคำถามสะท้อนคิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์นั้นอีกครั้ง

6) ขั้นนำข้อความคาดการณ์ไปใช้

นักเรียนประยุกต์ใช้ข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อใช้ตอบคำถามในใบกิจกรรมหรือแก้ปัญหาใหม่ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน อันเป็นการตรวจสอบความเข้าใจและความถูกต้องขององค์ความรู้ที่ค้นพบ พร้อมทั้งสะท้อนถึงความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้กับการใช้งานจริงอย่างมีประสิทธิภาพ

1.8.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game based Learning)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นแนวทางหนึ่งที่นำองค์ประกอบของเกมมาประยุกต์ในการออกแบบกิจกรรม เพื่อกระตุ้นความสนใจและเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเน้นให้เกิดการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น ผ่านการลงมือปฏิบัติจริงควบคู่กับการใช้กระบวนการคิด ส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น แนวทางนี้สอดคล้องกับการเรียนรู้เชิงรุกที่ให้ความสำคัญกับบทบาทของผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทั้งนี้ รายละเอียดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจะนำเสนอในลำดับถัดไป

1) ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

จากการทบทวนแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน พบว่า แก่นสำคัญของแนวทางนี้อยู่ที่การใช้เกมเป็นเครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้ในลักษณะที่เน้น

ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยนักวิชาการหลายท่านเสนอว่าการใช้เกมสามารถกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุกอย่างมีประสิทธิภาพ ในทัศนะของ ทิศนา ขัมมณี (2558, น.365) การเรียนรู้โดยใช้เกมคือกระบวนการที่ครูออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยอาศัยเกมเป็นสื่อกลาง เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผ่านการมีส่วนร่วมในการเล่น ภายใต้กติกาที่ชัดเจน และนำผลจากการเล่นมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกันในชั้นเรียน ซึ่งแสดงถึงบทบาทสำคัญของการสะท้อนคิดภายหลังการเล่นเกม

ในมุมมองของ Annie Pho and Amanda Dinscore (2015, p.1) ชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานมิใช่เพียงการให้ผู้เรียนเล่นเกมเท่านั้น แต่คือการออกแบบกิจกรรมในลักษณะของเกมที่มีการผสมหลักจิตวิทยาด้านแรงจูงใจเข้ากับกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุผลลัพธ์ทางการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและเพลิดเพลิน ซึ่งสะท้อนให้เห็นบทบาทของเกมในฐานะ “บริบทจำลองของการเรียนรู้”

ขณะที่ กุลิศรา จิตธัญญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.80) ได้เน้นย้ำถึงความสำคัญในการเลือกเกมที่มีโครงสร้างชัดเจน ทั้งในด้านกติกาและวิธีการเล่น เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นของผู้เรียน และสนับสนุนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเป้าหมายของบทเรียน ทั้งนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ (2553, น.141) ซึ่งเห็นว่า เกมมีบทบาทสำคัญในการจูงใจผู้เรียนให้เกิดความสนุกสนาน ช่วยกระตุ้นความสนใจ และส่งเสริมพัฒนาการด้านทักษะ โดยเฉพาะในด้านการทำงานร่วมกัน การจดจำข้อมูล และความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาสาระต่าง ๆ ผ่านการเล่นตามกติกาและข้อตกลงอย่างสนุกสนาน กระตุ้นความสนใจ และท้าทายความสามารถของผู้เรียน ทำให้ได้รับประสบการณ์ตรงและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างสูง

2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

ทิศนา ขัมมณี (2558, น.365-368) ได้นำเสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานให้เกิดประสิทธิผล โดยเสนอขั้นตอนดำเนินการที่สำคัญได้แก่ เริ่มจากครูแนะนำเกม พร้อมอธิบายวัตถุประสงค์ วิธีเล่น และกติกาอย่างชัดเจน จากนั้นให้นักเรียนได้ลงมือเล่นเกมตามขั้นตอนที่วางไว้ เมื่อสิ้นสุดกิจกรรม ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย

ผลที่เกิดขึ้นตลอดการเล่น ทั้งในแง่พฤติกรรมและกระบวนการเรียนรู้ สุดท้ายดำเนินการประเมินผล โดยพิจารณาจากทั้งกระบวนการและพฤติกรรมที่แสดงออกในระหว่างกิจกรรม

เทคนิคและข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานให้มีประสิทธิภาพ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานจะเกิดผลสัมฤทธิ์สูงสุดเมื่อครูมีการวางแผนและดำเนินกิจกรรมอย่างรอบคอบ โดยมีข้อพิจารณาสำคัญดังนี้

1) การเลือกและนำเสนอเกม

เกมที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นเกมการศึกษาที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ไม่ใช่เพียงเพื่อความบันเทิง โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ (1) เกมแบบไม่มีการแข่งขัน เช่น เกมสื่อสาร หรือเกมตอบคำถาม เป็นต้น (2) เกมแบบมีการแข่งขัน ซึ่งมีผู้ชนะและผู้แพ้ โดยอาศัยแรงจูงใจจากการแข่งขัน (3) เกมจำลองสถานการณ์ ที่สร้างสภาวะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง เพื่อให้นักเรียนฝึกตัดสินใจ และเรียนรู้จากผลที่เกิดขึ้น เกมจำลองอาจอยู่ในรูปแบบของบอร์ดเกม หรือเกมคอมพิวเตอร์ที่มีความสมจริงและควบคุมได้ผ่านเทคโนโลยี ทั้งนี้ ครูสามารถเลือกใช้เกมที่มีอยู่แล้วโดยดัดแปลงให้สอดคล้องกับบริบท หรือพัฒนาเกมขึ้นใหม่ให้เหมาะสมกับเป้าหมายการเรียนรู้

2) การชี้แจงวิธีเล่นและกติกา

เกมแต่ละประเภทมีระดับความซับซ้อนแตกต่างกัน ครูควรอธิบายวิธีการเล่นอย่างชัดเจน โดยจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนออย่างเป็นระบบ หากจำเป็นอาจใช้สื่อประกอบ หรือให้ผู้เรียนทดลองเล่นเบื้องต้นก่อนเล่นจริง ทั้งนี้ การปฏิบัติตามกติกาเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้การเรียนรู้บรรลุตามเป้าหมาย

3) การเล่นเกม

ครูควรจัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับลักษณะของเกม เพื่อไม่ให้เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินกิจกรรม และอาจต้องควบคุมเวลาอย่างเหมาะสม ระหว่างการเล่น ครูควรติดตามพฤติกรรมของนักเรียน บันทึกข้อมูลสำคัญ และในบางกรณี อาจมอบหมายให้นักเรียนบางคนช่วยดูแลกติกา หรือทำหน้าที่สังเกตพฤติกรรมของกลุ่ม

4) การอภิปรายหลังการเล่น

ขั้นตอนนี้ถือเป็นหัวใจของการจัดการเรียนรู้ผ่านเกม โดยครูควรตั้งคำถามที่เชื่อมโยงกับวัตถุประสงค์ของเกม ไม่ว่าจะเป็นการฝึกทักษะเฉพาะ การเรียนรู้เนื้อหาวิชา และการเข้าใจสถานการณ์จำลอง คำถามควรมุ่งวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เรียน ความรู้

ที่ได้จากกิจกรรม และเหตุผลเบื้องหลังการตัดสินใจของนักเรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนคิด และสรุปประสบการณ์การเรียนรู้ของตนได้อย่างมีความหมาย

กุลิศฐา จิตรขญาวณิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.81-82) ได้นำเสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นเตรียมความพร้อม เป็นขั้นตอนที่ครูมีหน้าที่อธิบายวัตถุประสงค์ของการเล่นเกมให้ผู้เรียนเข้าใจอย่างชัดเจน เพื่อสร้างความตระหนักถึงประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับจากกิจกรรมเกม รวมทั้งให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเกมกับเป้าหมายของการเรียนรู้ในบทเรียนนั้น

ขั้นที่ 2 ขั้นอธิบาย เป็นขั้นตอนที่ครูอธิบายกฎกติกาที่สำคัญในสำคัญในการเล่นและวิธีการเล่นเกมให้นักเรียนรับทราบเกี่ยวกับรายละเอียดในภาพรวม เพื่อจะได้ปฏิบัติให้ถูกต้องบรรลุวัตถุประสงค์

ขั้นที่ 3 ขั้นสาธิตการเล่นเกม เป็นขั้นตอนที่ครูสาธิตวิธีการเล่นเกมทีละขั้นให้นักเรียนรู้ โดยจะต้องทำการสาธิตอย่างช้า ๆ ไม่เร็วเกินไปเพราะจะทำให้นักเรียนตามไม่ทันหรือจดจำไม่ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นลงมือเล่นเกม เป็นขั้นตอนที่นักเรียนลงมือปฏิบัติในการเล่นตามกติกาที่กำหนด ซึ่งครูจะต้องกำหนดเวลาที่ชัดเจนในการเล่น ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถควบคุมเวลาได้และอาจทำให้เสียเวลามากในการเล่นจนกระทบกิจกรรมอย่างอื่นที่จะต้องทำต่อไป

ขั้นที่ 5 ขั้นวิเคราะห์วิจารณ์หลังการเล่นเกม เป็นขั้นตอนสุดท้ายเมื่อสิ้นสุดการเล่น เกม ครูและนักเรียนร่วมกันสะท้อนผลการเรียนรู้ วิเคราะห์แนวคิดหรือข้อคิดที่ได้จากเกม เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและเชื่อมโยงสู่เนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้อง

3) ข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

Annie Pho and Amanda Dinscore (2015, pp.1-3) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ดังนี้

- 1) ช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับการศึกษาในลักษณะที่สนุกสนานและมีชีวิตชีวา
- 2) ไม่ใช่แค่การเล่นเกม แต่เป็นการออกแบบกิจกรรมที่แนะนำแนวคิดอย่างค่อยเป็นค่อยไป

- 3) ช่วยนำทางผู้เรียนไปสู่เป้าหมายการเรียนรู้
- 4) สามารถผนวกองค์ประกอบของเกม เช่น การแข่งขัน คะแนนรางวัล และการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป็นต้น
- 5) ได้รับความนิยมมากขึ้นในระดับอุดมศึกษาและในห้องสมุดเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้

กุลิศธา จิตรชนวนาวิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.82) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ดังนี้

- 1) นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเองเกิดความสนุกสนานและตื่นเต้น
- 2) นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และเกิดการเรียนรู้จากการเล่นเกม

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างสนุกสนานผ่านกิจกรรมที่ออกแบบอย่างเป็นระบบ โดยเกมทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสร้างแรงจูงใจผ่านการแข่งขัน รางวัล และข้อมูลย้อนกลับ ทั้งยังส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ที่สำคัญ แนวทางนี้สามารถปรับใช้ได้หลายระดับการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ที่มีความหมาย

4) ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

Pho, A., and Dinscore, A. (2015, pp.1-3) พบว่า ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL) มีดังนี้

- 1) ยังไม่แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาที่ดีกว่าวิธีสอนอื่นอย่างชัดเจน แม้ GBL จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความสนใจของผู้เรียนได้ดี แต่ยังไม่มีความหลักฐานที่แสดงว่า GBL มีประสิทธิภาพทางการเรียนรู้ที่สูงกว่าวิธีการสอนแบบอื่นโดยตรง
- 2) อาจไม่เหมาะกับทุกเนื้อหาหรือกลุ่มผู้เรียน GBL ต้องอาศัยการออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้และลักษณะของผู้เรียน มิฉะนั้นอาจไม่สามารถนำไปสู่ความเข้าใจเชิงลึกได้
- 3) เสี่ยงต่อการเน้นความสนุกสนานมากกว่าความรู้ หากไม่มีการออกแบบอย่างรอบคอบ GBL อาจทำให้กิจกรรมเน้นความบันเทิงมากกว่าการพัฒนาองค์ความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ

กุลิศฐา จิตรขญาวณิช and เกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.82) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ดังนี้

1) ไม่ควรใช้เวลาเล่นเกมมากจนเสียเวลาการสอนบทเรียนในหลักสูตร

2) เกมจะต้องบอกคำสั่งวิธีการเล่นที่ชัดเจน

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning: GBL) แม้จะมีจุดเด่นในการสร้างแรงจูงใจและความสนุกสนานในการเรียนรู้ แต่ยังมีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาอย่างรอบคอบ ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการที่ยังไม่แสดงถึงความเหนือกว่าวิธีการสอนอื่นอย่างชัดเจน ความจำเป็นในการออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียนแต่ละกลุ่ม และความเสี่ยงที่อาจเน้นความบันเทิงมากกว่าความรู้หากขาดการวางแผนอย่างรอบด้าน นอกจากนี้ ควรระวังไม่ให้ใช้เวลาเล่นเกมมากเกินไปจนกระทบเนื้อหาหลักสูตร และควรจัดทำคำแนะนำการเล่นเกมที่ชัดเจนเพื่อป้องกันความสับสนของผู้เรียน

5) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน

Moore, K. D., and Quinn, C. (1994, p.222) ระบุว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกม ครูควรมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง โดยทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก พร้อมทั้งติดตามพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างใกล้ชิด สำหรับการใช้เกมเป็นฐานในการเรียนรู้ ครูจำเป็นต้องเข้าใจกติกา บทบาทของผู้เล่น และสถานการณ์ที่ออกแบบไว้ภายในเกมอย่างชัดเจน โดยควรทดลองเล่นเกมด้วยตนเองล่วงหน้า และเตรียมสื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น เอกสารคำอธิบายหรือคู่มือสำหรับนักเรียนให้พร้อมก่อนดำเนินการเรียนการสอน

วิไลภรณ์ ปิยะวงศ์, สุรวิทย์ อัสสพันธ์ และศรัณวิชญ์ พรหมสาขา ณ สกลนคร (2019, น.44) ได้เสนอ บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ได้แก่ (1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงของตนเอง โดยเน้นการลงมือปฏิบัติจริงในกิจกรรมเกม เพื่อพัฒนาความเข้าใจในเนื้อหาอย่างเป็นระบบและลึกซึ้ง (2) สนับสนุนและสร้างความอบอุ่นในชั้นเรียน ครูให้ความช่วยเหลือและกำลังใจ เพื่อให้ผู้เรียนมั่นใจและกล้าแสดงออก (3) เปิดรับมุมมองของผู้เรียน รับฟังความคิดเห็นและให้คุณค่าในความคิดของนักเรียนทุกคน (4) สร้างโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับการเรียน ครูออกแบบกิจกรรมที่เปิดกว้างให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ (5) กระตุ้นการแสดงออกทางความคิดและการอภิปราย สนับสนุนให้ผู้เรียน

แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเรียนรู้ร่วมกันอย่างสร้างสรรค์ และ (6) ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ครูเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ มาเป็นผู้สนับสนุนการมีส่วนร่วมอย่างเหมาะสม

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ครูมีบทบาทสำคัญในการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียน ส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง และสร้างบรรยากาศที่กระตุ้นการมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์ โดยเน้นบทบาทของครูในฐานะผู้อำนวยความสะดวกที่คอยให้คำแนะนำ กระตุ้นความคิด และส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายผ่านเกมที่ออกแบบอย่างมีเป้าหมาย

6) แนวทางกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานของทิสนา แคมมณี (2558, น.365-366), สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.93) และ กุลิศรา จิตรขญาวณิช และเกศราพรพน พันธ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.80-83) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้นดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game Based Learning) ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

วิธีสอนโดยใช้เกม (ทศนา แชมมณี, 2558, น.365-366)	วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกม (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545, น.93)	วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกม (กุลิศรา จิตรชญาวนิช และ เกศราพรรณ พันธุ์ศรี เกตุ คงเจริญ, 2563, น.80-83)	กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐานที่ เสริมสร้าง ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นการเลือกและ การนำเสนอเกม - สร้างเกมขึ้นใหม่ หรือเลือกเกมที่มีอยู่ แล้วมาปรับให้ เหมาะสมกับ วัตถุประสงค์การ สอนของตน	ขั้นเลือกเกม - สามารถออกแบบเกม ให้สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์ของ บทเรียน หรือเลือกเกมที่ มีอยู่แล้วมาปรับใช้ให้ เหมาะสมกับบริบทการ เรียนรู้ของตน	ขั้นเตรียมความพร้อม - แจกจุดประสงค์ของการ เล่นเกม	ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอ เกม ชี้แจงวิธีการ และกติกาการเล่น ครูสร้างเกมที่เล่นกัน เป็นกลุ่มที่สมาชิกทุก คนในกลุ่มต้องช่วยกัน ใช้การสังเกตหา ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลย่อย ๆ เพื่อ นำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ ของกลุ่ม	
ขั้นการชี้แจง วิธีการเล่น และ เล่นตามกติกา - ชี้แจงกติกา - ช้อมก่อนเล่นจริง	ขั้นชี้แจงการเล่นและ กติกา - บอกชื่อเกมแก่ผู้เล่น - ชี้แจงกติกา - สาธิตวิธีการเล่น - เปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ทดลองช้อมก่อนลงมือ เล่นจริง	ขั้นอธิบาย - อธิบายกติกา - วิธีการเล่นเกม ขั้นสาธิตการเล่นเกม - สาธิตการเล่นเกม		
ขั้นการเล่นเกม - จัดสถานที่ - เล่นเกม - สังเกตหรือบันทึก พฤติกรรม	ขั้นเล่นเกม - จัดสถานที่ - เล่นเกม - สังเกตหรือบันทึก พฤติกรรม	ขั้นลงมือเล่นเกม - เล่นเกมตามกติกา - กำหนดเวลาให้ชัดเจน	ขั้นที่ 2 ขั้นเล่นเกม ตามกติกา ครูให้นักเรียนเล่นเกม ตามกติกาเพื่อสังเกต ค้นหาความสัมพันธ์ ของข้อมูลย่อยที่ได้ จากสมาชิกทุกคนเพื่อ นำไปสู่ข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์)	1) ค้นหาความสัมพันธ์ อย่างเป็นเหตุเป็นผล ร่วมกันระหว่างข้อมูล ย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลของ ข้อความคาดการณ์ที่ ถูกต้อง

ตาราง 4 (ต่อ)

วิธีสอนโดยใช้เกม (ทิตินา แชมมณี, 2558, น.365-366)	วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกม (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูล คำ, 2545b, น.93)	วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกม (กุลิศรา จิตรชญาวนิช และ เกศราพรรณ พันธุ์ศรี เกตุ คงเจริญ, 2563, น.80-83)	กิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้เกมเป็นฐานที่ เสริมสร้าง ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัย	ความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบ อุปนัยที่แสดงออก
ขั้นการอภิปราย หลังการเล่น - ผู้เรียนได้รับการ พัฒนาทักษะใด เพียงใด หรือผู้เรียน ได้เรียนรู้เนื้อหา สาระใด อย่างไร วิธี ใด หรือผู้เรียนได้ เรียนรู้ความจริงใด จากไหน และ อย่างไร	ขั้นอภิปรายหลังการ เล่นและสรุปผล - ตั้งประเด็นเพื่อชวนคิด -- วิเคราะห์ผลการเล่น ร่วมกับนักเรียน - ร่วมกันสรุปผลการ เรียนรู้ที่เกิดขึ้น	ขั้นวิเคราะห์วิจารณ์ หลังการเล่นเกม - ร่วมกันวิเคราะห์ผลการ เล่น เพื่อให้ผู้เรียนเกิด การเรียนรู้หรือข้อคิดจาก กิจกรรมเกม	ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปราย ผลการเล่นเกม นักเรียนเขียนความรู้ ในรูปของข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ที่ได้จากการเล่นเกม	2) เขียนอธิบาย ข้อความคาดการณ์ที่ได้ จากการสังเกตจาก ทำกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ได้จากการหา ความสัมพันธ์อย่าง เป็นเหตุเป็นผลร่วมกัน ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ซึ่งข้อคาดการณ์ที่ได้ น่าจะมีเหตุผลถูกต้อง โดยไม่ต้องทำพิสูจน์ว่า เป็นจริง แต่ก็ไม่พบข้อ ขัดแย้งในการทำ กิจกรรมการเรียนรู้
	ขั้นประเมินผล - ประเมินผลการเรียน		ขั้นที่ 4 ขั้น ประเมินผลการ เรียนรู้ นักเรียนนำข้อความ คาดการณ์ไปตอบ คำถามในใบตรวจสอบ ความรู้	

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ว่า การจัดการเรียนรู้
โดยใช้เกมเป็นฐานประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอเกม ชี้แจงวิธีการ และกติกาการเล่น

ครูสร้างเกมที่เล่นกันเป็นกลุ่ม โดยออกแบบกิจกรรมให้สมาชิกทุกคนในกลุ่ม
ต้องร่วมมือกัน ใช้ทักษะการสังเกตและการคิดวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ
ที่ปรากฏในระหว่างการเล่น เกม ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำไปใช้เป็นฐานในการอภิปรายและพัฒนา
ไปสู่ข้อสรุปที่มีเหตุผลและน่าเชื่อถือของกลุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ที่วางไว้

ขั้นที่ 2 ขั้นเล่นเกมตามกติกา

ครูให้นักเรียนเล่นเกมตามกติกาที่ชี้แจงไว้ โดยในระหว่างการเล่นนักเรียนจะได้ฝึกกระบวนการสังเกต รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันในกลุ่ม โดยข้อมูลย่อยจากแต่ละสมาชิกจะถูกรวบรวมและนำมาค้นหาความสัมพันธ์ เพื่อสร้างข้อสรุปในรูปแบบของ “ข้อความคาดการณ์” ที่เกิดจากการคิดแบบอุปนัย

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายผลการเล่นเกม

เมื่อการเล่นเกมส์สิ้นสุดลง นักเรียนร่วมกันอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และเขียนข้อสรุปหรือ “ข้อความคาดการณ์” ที่ได้จากประสบการณ์ในการเล่นเกมส์ โดยอ้างอิงจากข้อมูลและข้อสังเกตที่ได้ร่วมกันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม เพื่อสะท้อนถึงความเข้าใจที่เกิดขึ้นอย่างมีเหตุผล

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้

นักเรียนนำข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการเล่นเกมไปใช้ตอบคำถามในใบตรวจสอบความรู้ เพื่อประเมินว่าเกิดความเข้าใจเนื้อหาและสามารถนำความรู้ที่ค้นพบมาใช้ได้อย่างถูกต้องและมีเหตุผล ทั้งนี้ยังเปิดโอกาสให้ครูตรวจสอบและสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.9 แนวทางการพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

หนึ่งในกระบวนการสำคัญในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ คือ การตรวจสอบประสิทธิภาพของกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้มั่นใจว่าสื่อหรือชุดกิจกรรมดังกล่าวสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยจะกล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ เกณฑ์ที่ใช้กำหนด และวิธีการในการหาค่าประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.9.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้ให้ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ถือเป็นกระบวนการสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของสื่อหรือชุดการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดย ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น.7) ให้ความหมายว่า "ประสิทธิภาพ" คือคุณภาพของการดำเนินงานที่มุ่งสู่ความสำเร็จอย่างคุ้มค่า ภายใต้การใช้ทรัพยากร เวลา และต้นทุนอย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถประเมินได้จากสัดส่วนระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ (input-process-output ratio)

ในการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ มักดำเนินการในลักษณะของ Developmental Testing ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพของสื่อในแต่ละขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนา โดยเน้นการส่งเสริมการเรียนรู้ใหม่ กระตุ้นการคิดตามกระบวนการ และสร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ ก่อนนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงให้เหมาะสมสำหรับการใช้จริง (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, น.7)

กฤษมันต์ วัฒนาณรงค์ (2557, น.111) เสริมว่า การหาประสิทธิภาพประกอบด้วยการประเมินทั้งเชิงพินิจ (โดยผู้เชี่ยวชาญ) และเชิงประจักษ์ (ผ่านการทดลองใช้จริง) เพื่อให้มั่นใจว่าสื่อหรือชุดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นสามารถบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้อย่างแท้จริง และเมื่อเผยแพร่ในวงกว้างก็สามารถนำไปใช้ได้อย่างคุ้มค่า ทั้งนี้ สื่อที่ผ่านการทดสอบจะเรียกว่า "Tested Media"

ในทัศนะของ สุเทพ อ่วมเจริญ (2559, น.140) ประสิทธิภาพคือการเปรียบเทียบระหว่างผลผลิตกับปัจจัยนำเข้า โดยยังสามารถผลิตผลได้มากโดยใช้ทรัพยากรเท่าเดิมหรือประหยัดทรัพยากรมากขึ้นโดยยังได้ผลผลิตเท่าเดิม จะถือว่ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น

มานิตย์ อาษานอก (2561b, น.12) และ จิตติมา ขอบเอียด (2561, น.55) สอดคล้องกันว่า ประสิทธิภาพหมายถึงสมรรถนะและคุณภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาที่สามารถลดต้นทุนแต่เพิ่มคุณค่า โดยกระบวนการประเมินประสิทธิภาพนั้นจะช่วยให้ผู้พัฒนาสื่อสามารถปรับปรุงและพัฒนาได้อย่างมีทิศทาง

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ คือ กระบวนการตรวจสอบความสามารถของชุดกิจกรรมในการส่งเสริมการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ คุ้มค่า และตอบสนองวัตถุประสงค์ทางการศึกษา โดยพิจารณาจากสัดส่วนของปัจจัยนำเข้า กระบวนการจัดการ และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ผ่านทั้งการประเมินเชิงพินิจและเชิงประจักษ์ เพื่อให้สามารถปรับปรุงพัฒนาและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.9.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

แนวคิดเกี่ยวกับ “เกณฑ์ประสิทธิภาพ” ของชุดการจัดการเรียนรู้ถูกอธิบายโดยผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการ โดยมีจุดเน้นร่วมกันในการกำหนดระดับคุณภาพขั้นต่ำที่ยอมรับได้ของชุดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดว่า ชุดการจัดการเรียนรู้นั้นสามารถนำไปใช้กับผู้เรียนได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดในการส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน

กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ (2557, น.118) ชี้ให้เห็นว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึงระดับของผลการเรียนรู้เบื้องต้นที่เกิดจากการใช้ชุดการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้พัฒนาถือว่าน่าพึงพอใจ หากชุดการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดไว้ ย่อมแสดงถึงความคุ้มค่าต่อการผลิตในวงกว้าง อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นสะท้อนเพียงประสิทธิภาพเบื้องต้นจากการทดลองใช้ ไม่ใช่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยตรง ทั้งนี้ เพราะการออกแบบชุดการจัดการเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง และเมื่อมีการเรียนซ้ำหลายครั้ง ผู้เรียนจะสามารถทำความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งคะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้จากการประเมิน คือ 100/100

ในขณะที่ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น.8-9) ให้ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ในเชิงของระดับความเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้พัฒนาสื่อหรือชุดการจัดการเรียนรู้คาดหวัง โดยเน้นว่าการตั้งเกณฑ์ควรกำหนดไว้แต่แรก และต้องเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่ยอมรับได้ หากผลการทดสอบสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ย่อมมีนัยสำคัญ หรือมีความคลาดเคลื่อนเกิน 2.5 หน่วยจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ อาจพิจารณาปรับเกณฑ์ใหม่ให้สูงขึ้น ทั้งนี้ การประเมินประสิทธิภาพของชุดการจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่

1) ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) หรือกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยประเมินจากกิจกรรมระหว่างเรียน เช่น การทำโครงงาน รายงานกลุ่ม หรือการตอบคำถาม ซึ่งใช้ตัวชี้วัดว่า E1 (Efficiency of Process)

2) ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) ซึ่งเป็นการประเมินผลลัพธ์ที่เกิดจากการสอบวัดผลหลังเรียน โดยใช้ตัวชี้วัดว่า E2 (Efficiency of Product)

การคำนวณค่าประสิทธิภาพของชุดการจัดการเรียนรู้จึงมุ่งเน้นที่ค่าเฉลี่ยของผลการปฏิบัติการระหว่างเรียนเปรียบเทียบกับผลการประเมินหลังเรียน โดยแสดงในรูปของสัดส่วน E1/E2 ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การประเมินประสิทธิภาพของชุดการจัดการเรียนรู้ เป็นการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นก่อนนำไปใช้ในวงกว้าง โดยใช้ตัวชี้วัด E1/E2 เพื่อสะท้อนถึงประสิทธิภาพของกระบวนการและผลลัพธ์ของผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งหากค่าที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ เช่น 70/70 ก็ถือว่าชุดการจัดการเรียนรู้นั้นมีคุณค่าและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในบริบทของห้องเรียน ทั้งนี้ ต้องแยกกระบวนการประเมินประสิทธิภาพออกจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องดำเนินการเพิ่มเติมอย่างชัดเจนในกระบวนการวิจัย

1.9.3 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

นักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้เสนอวิธีการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

มนตรี แย้มกสิกร (2551, น.12) ได้เสนอแนวทางในการคำนวณหาประสิทธิภาพของ E_1/E_2 ดังนี้

E_1 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนจากชุดการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน (ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้)

E_2 หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่เกิดจากการทำแบบทดสอบหลังการเรียนของนักเรียน (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้)

โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

E_1 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100\%$$

เมื่อ

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนกิจกรรมระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน (N คน)

N หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพชุดการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้

A หมายถึง คะแนนเต็มของกิจกรรมระหว่างเรียน

E_2 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์การเรียนรู้

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100\%$$

เมื่อ

$\sum F$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียนจากชุดการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคน (N คน)

N หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพชุดการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

นพพร ณะชัยพันธ์ (2557, น.299-300) ได้นำเสนอการวัดประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้โดยใช้สูตร E_1/E_2 ตามแนวทางการเรียนแบบรอบรู้ของบลูม ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนทุกคนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มที่ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียน โดยกำหนดเกณฑ์ความรอบรู้ไว้ที่ 80–90% และควรมีความแตกต่างระหว่าง E_1 กับ E_2 ไม่เกิน 5% เพื่อสะท้อนถึงความสำเร็จของกระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์การเรียนรู้ที่มีคุณภาพ โดยได้ให้สูตรและสัญลักษณ์ในการคำนวณไว้ ดังนี้

E_1 แทน ประสิทธิภาพของนวัตกรรมระหว่างเรียน (หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100\%$$

เมื่อ

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มระหว่างเรียนทั้งหมด

E_2 แทน ประสิทธิภาพของนวัตกรรมหลังเรียน (หรือประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

$$E_2 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{B} \times 100\%$$

เมื่อ

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มหลังเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น.10-11) ได้เสนอวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1) โดยใช้สูตร สามารถทำได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100\%$$

เมื่อ

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{B} \times 100\%$$

เมื่อ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

B แทน คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย

2) โดยไม่ต้องการใช้สูตรทางคณิตศาสตร์สามารถใช้วิธีการคำนวณทั่วไปที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ได้จริงในภาคสนาม ในการหาค่า E_1 ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้ สามารถดำเนินการโดยรวบรวมคะแนนจากงานหรือแบบฝึกของผู้เรียนในแต่ละกิจกรรม จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและแปลงเป็นเปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า E_2 ซึ่งสะท้อนประสิทธิภาพของผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน ให้พิจารณาคะแนนจากการสอบหลังเรียนและคะแนนจากชิ้นงานสุดท้ายของผู้เรียน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยในลักษณะเดียวกันเพื่อเทียบเป็นร้อยละ หลังจากได้ค่าทั้ง E_1 และ E_2 แล้ว ต้องตีความผลลัพธ์โดยอาศัยหลักการดังนี้

1) ความคลาดเคลื่อนของค่าประสิทธิภาพสามารถมีได้ในช่วง $\pm 2.5\%$ ซึ่งถือเป็นความแปรปรวนที่ยอมรับได้

2) หากค่าที่ได้อยู่ต่ำหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5% ย่อมถือว่าเป็นไปตามเกณฑ์ หากค่าระหว่าง E_1 กับ E_2 แตกต่างกันเกิน 5% แสดงถึงความไม่สอดคล้องระหว่างกิจกรรมที่มอบหมายกับการสอบ เช่น หาก E_1 สูงกว่า E_2 อาจแสดงว่างานง่ายเกินไป แต่หาก E_2 สูงกว่า E_1 อาจหมายถึงการสอบไม่ยากพอหรือไม่สอดคล้องกับกิจกรรม

3) ชุดการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพจะให้ผลลัพธ์ของ E_1 และ E_2 ที่มีค่าคล้ายกัน และไม่ห่างกันเกิน 5% ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนมีพัฒนาการต่อเนื่อง และผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นเป็นผลจากความเข้าใจจริง ไม่ใช่เพียงการคาดเดาหรือทำกิจกรรมโดยไม่เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กำลังมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ทำให้ผู้วิจัยต้องนำมาใช้เป็นแนวทางในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เมื่อได้นำกิจกรรมไปใช้ในชั้นเรียน นักเรียนสามารถเรียนรู้จนบรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้ โดยประสิทธิภาพของกิจกรรมได้รับการประเมินผ่านค่าดัชนี E_1/E_2 ในการวิจัยครั้งนี้ โดยที่

E_1 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากใบกิจกรรม
รายบุคคลที่ 1-3

E_2 หมายถึง ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนที่นักเรียนได้จากในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถ ในการให้เหตุผลแบบอุปนัยเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ หลังเรียน

โดยมีเกณฑ์การตัดสิน E_1/E_2 เป็น 70/70 สำหรับการพิจารณาตรวจสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

ตอนที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การให้เหตุผลเป็นกระบวนการคิดสำคัญในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ซึ่งผู้เรียนต้องสามารถเชื่อมโยงข้อมูล วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และสรุปผลอย่างมีระบบ การส่งเสริมทักษะด้านนี้จึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของเด็กวัยนี้

งานวิจัยนี้จึงศึกษาความหมาย ความสำคัญ รูปแบบ พฤติกรรม แนวทางการพัฒนา และเกณฑ์การประเมินของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และแบบอุปนัย เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

2.1 ความหมายของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การให้เหตุผลถือเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเนื้อหานามธรรม ผู้เรียนจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการคิดเชิงเหตุผลในการทำความเข้าใจและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล เพื่อให้สามารถสรุปสาระสำคัญได้อย่างเป็นระบบ (ขวัญ เพียชัย, 2553, น.16)

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540, น. 42 อ้างถึงใน รุจิรัตน์ พรหมรักษ์, 2553, น. 11) ได้จัดให้การให้เหตุผลเป็นหนึ่งในทักษะการคิดแกนกลาง (Core Thinking Skills) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพิจารณาผลลัพธ์ วิเคราะห์สถานการณ์ และสรุปความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอย่างมีหลักเกณฑ์ ทั้งนี้ การคิดอย่างมีเหตุผลมิได้จำกัดเพียงการอธิบายตามตรรกะเท่านั้น หากแต่ต้องมีเป้าหมายที่ชัดเจน และสามารถเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมกับบริบทของปัญหาได้อย่างยืดหยุ่น (ทีศนา แคมมณี, 2556, น. 144)

ในบริบทของคณิตศาสตร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 39) ให้ความหมายของการให้เหตุผลว่าเป็นกระบวนการคิดที่ต้องอาศัยทั้งการวิเคราะห์และความคิดสร้างสรรค์ เพื่อเชื่อมโยงข้อเท็จจริง แนวคิด หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ให้เกิดข้อสรุปใหม่ที่มีความถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Krulik และ Rudnick (1993, p. 3 อ้างถึงใน มัณฑนา ศรีสุจันทร์, 2560, น. 11) ที่เห็นว่าการให้เหตุผลเป็นส่วนสำคัญของการคิดเชิงวิพากษ์ โดยผู้เรียนต้องสามารถอธิบายแนวคิดหรือคำตอบของตนผ่านกระบวนการคาดการณ์ อภิปราย และสรุปอย่างมีเหตุผล

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่มุ่งสร้างข้อสรุปจากข้อมูล ข้อเท็จจริง หรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยหลักตรรกะ การคิดวิเคราะห์ การเชื่อมโยงแนวคิด และความสามารถในการ

อธิบายอย่างมีระบบ ซึ่งอาจครอบคลุมทั้งการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

2.2 ความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ซึ่งเนื้อหาส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นนามธรรม การใช้เหตุผลจึงทำหน้าที่เป็นกลไกในการอธิบาย เชื่อมโยง และสร้างความเข้าใจอย่างมีระบบในเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ โดยผู้เรียนจะเริ่มต้นจากประสบการณ์จริง เช่น นิ้วมือหรือวัตถุใกล้ตัว และค่อย ๆ พัฒนาความเข้าใจไปสู่แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่มีนามธรรมมากขึ้น เช่น รูปร่างทางเรขาคณิตหรือแนวคิดเกี่ยวกับจำนวน (Stiff and Curcio, 1999, p.1)

จากบทความของ Susan Jo Russell เรื่อง “การใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา” ซึ่งถูกศึกษาโดย Stiff and Curcio (1999, p.1) พบว่า การให้เหตุผลควรเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมในห้องเรียน ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิดหลัก เช่น การมองเห็นลักษณะทั่วไปเบื้องหลังการแก้ปัญหา การเชื่อมโยงแนวคิดต่าง ๆ ในเนื้อหาคณิตศาสตร์ และการส่งเสริมความรู้สึกทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายและอภิปรายแนวคิดของตนเองได้อย่างมีเหตุผล รวมทั้งควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดและเหตุผลที่คลาดเคลื่อน เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (NCTM) ได้กำหนดให้การให้เหตุผลและการพิสูจน์เป็นหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้หลักของวิชาคณิตศาสตร์ โดยชี้ว่า ทักษะการให้เหตุผลจะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปจากข้อมูล ใช้คุณสมบัติทางคณิตศาสตร์อธิบายแนวคิดของตนเอง ตลอดจนเชื่อมั่นว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีระบบและสมเหตุสมผล (NCTM, 2000, p.29 อ้างถึงใน จิตติมา ขอบเอียด, 2551, น.27; NCTM, 1989 อ้างถึงใน จวีวรรณ เสวตมาลย์, 2545 น.24)

นอกจากนี้ NCTM ยังจำแนกระดับความสามารถด้านการให้เหตุผลตามช่วงชั้น โดยในระดับประถมต้น นักเรียนควรสามารถสรุปแนวคิดทางคณิตศาสตร์จากสถานการณ์ต่าง ๆ และอธิบายคำตอบอย่างมีเหตุผล ขณะที่ระดับประถมปลายถึงมัธยมต้น ควรเริ่มฝึกการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย ตรวจสอบข้อสันนิษฐาน และแสดงวิธีคิดด้วยเหตุผลอย่างชัดเจน ส่วนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายควรมีความสามารถในการโต้แย้งโดยใช้เหตุผล ยกตัวอย่างคัดค้าน และสร้างข้อสรุปจากหลักฐานได้อย่างมีระบบ (NCTM, 2000, p.29 อ้างถึงใน จิตติมา ขอบเอียด, 2551, น.27)

ในบริบทของประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เห็นว่า การส่งเสริมการสอนที่เน้นการให้เหตุผลจะช่วยให้นักเรียนเกิดทัศนคติเชิงบวกต่อคณิตศาสตร์ และมองว่าเป็นวิชาที่เข้าใจได้ด้วยเหตุผล ไม่ใช่การท่องจำ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในตนเองและสามารถค้นพบองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง (สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547, น.2)

อีกทั้งยังได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะการให้เหตุผล ซึ่งถือเป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญทางคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนควรได้รับการส่งเสริมอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ และใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563, น. 217)

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังกล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ โดยเป็นทักษะที่ช่วยสร้างความเข้าใจในแนวคิดนามธรรม อธิบายแนวคิดอย่างมีตรรกะ และเชื่อมโยงเนื้อหาต่าง ๆ ให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ซึ่งไม่เพียงเป็นรากฐานในการเรียนคณิตศาสตร์ แต่ยังส่งเสริมแนวคิดเชิงวิเคราะห์ที่มีคุณค่าต่อการเรียนรู้ในศาสตร์อื่น ๆ และชีวิตในอนาคตของผู้เรียน

2.3 รูปแบบและความหมายของการให้เหตุผลแบบอุปนัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะหลัก ได้แก่ การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) และการให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการทางความคิดในวิชาคณิตศาสตร์

การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ กระบวนการคิดที่อาศัยการสังเกตหรือการทดลองจากกรณีเฉพาะหลาย ๆ ตัวอย่าง เพื่อค้นหารูปแบบหรือแนวโน้มบางประการ จากนั้นจึงนำไปสู่ข้อสรุปทั่วไปที่เชื่อว่า “น่าจะเป็นจริง” แม้ยังไม่ได้รับการพิสูจน์อย่างสมบูรณ์ (ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557, น.71; รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์, 2554, น.9-16-19-22; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553, น.35) ข้อสรุปที่ได้จากการให้เหตุผลลักษณะนี้มักเรียกว่า “ข้อคาดการณ์” ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการอธิบายหรือสร้างความรู้ใหม่ได้ แม้จะยังไม่มีสถานะเป็นข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์

ขณะที่การให้เหตุผลแบบนิรนัยเป็นการใช้ความรู้หรือหลักการที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นจริงอยู่แล้ว ไม่ว่าจะเป็นนิยาม กฎ หรือสัจพจน์ แล้วนำมาสร้างข้อสรุปใหม่อย่างมีตรรกะ โดยที่ความถูกต้องของข้อสรุปขึ้นอยู่กับความถูกต้องของเหตุผลตั้งต้น (O'Daffer, 1990 อ้างถึงใน

ภาวนิช ศรีรัตน์, 2562, น.20; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, น.40-45) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความเป็นระบบและสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้อย่างชัดเจน

นอกจากการแบ่งรูปแบบการให้เหตุผลเป็นอุปนัยและนิรนัยแล้ว ยังมีแนวคิดที่กล่าวถึงการให้เหตุผลตามสามัญสำนึกหรือ "แบบสหัชญาณ" ซึ่งเป็นการคิดที่อิงจากประสบการณ์ส่วนบุคคลและพัฒนาไปตามบริบทการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555b, น. 40-45)

ในด้านของการให้ความหมายเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย นักวิชาการหลายท่านได้ให้คำอธิบายที่สอดคล้องกันว่า เป็นการคิดจากข้อมูลย่อยที่เกิดจากการสังเกตหรือทดลองซ้ำหลายครั้ง เพื่อสรุปเป็นแนวโน้ม กฎ หรือหลักการทั่วไป โดย อัมพร ม้าคะนอง (2547, น. 98 อ้างถึงใน กนิษฐา สนุ่นไพบุลย์, 2560, น. 21) ได้อธิบายว่าเป็นการมองหาความสัมพันธ์จากสมาชิกบางส่วนในกลุ่ม แล้วนำไปสรุปใช้กับสมาชิกอื่นในกลุ่มเดียวกัน ขณะที่ มนตรี เจริญไพโรจน์ (2557, น. 75-76) ชี้ให้เห็นว่า ความน่าเชื่อถือของข้อสรุปที่ได้จากการให้เหตุผลแบบอุปนัยนั้น ขึ้นอยู่กับจำนวนและความหลากหลายของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนความซับซ้อนของเนื้อหาที่นำมาสรุป

พร้อมพรรณ อุดมลิน (2547, น. 48 อ้างถึงใน มัณฑนา ศรีสุจันทร์, 2560, น. 17) เสริมว่า การสรุปจากกรณีตัวอย่างจำนวนน้อยไม่ควรถูกมองว่าเป็นข้อสรุปที่แน่นอน แต่ควรใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการสร้างองค์ความรู้ร่วมกับการอธิบายของครูอย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า รูปแบบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สามารถจำแนกได้เป็นสองลักษณะสำคัญ ได้แก่ การให้เหตุผลแบบอุปนัย และการให้เหตุผลแบบนิรนัย ซึ่งทั้งสองรูปแบบมีบทบาทที่แตกต่างกันตามระดับพัฒนาการทางความคิดและความซับซ้อนของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ สำหรับระดับประถมศึกษา การให้เหตุผลแบบอุปนัยถือเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับลักษณะการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เน้นการสังเกต ทดลอง และสรุปจากกรณีเฉพาะ เพื่อสร้างความเข้าใจเชิงโครงสร้างและพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์อย่างค่อยเป็นค่อยไป

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำแนวคิดที่ศึกษาไว้มาประยุกต์ใช้ในการให้ความหมายของการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยเฉพาะในบริบทของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับประถมศึกษา เพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญา และเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีระบบผ่านกระบวนการให้เหตุผลอย่างเหมาะสมซึ่งอาจสรุปได้ว่า การให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive

Reasoning) หมายถึง กระบวนการในการอธิบายเหตุผลที่ได้สังเกตจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูล ย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปหรือข้อเท็จจริงที่น่าเชื่อถือในรูปของข้อความคาดการณ์

2.4 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้นั้น จำเป็นต้องมีการ ประเมินผลที่สะท้อนความสามารถทางความคิดอย่างแท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประเมิน ทักษะการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งครอบคลุมกระบวนการคิดวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายกรณี และ สร้างข้อสรุปทั่วไปอย่างเป็นเหตุเป็นผล

Stiggins (1997, pp.279-280) ได้เสนอว่า หนึ่งในบทบาทสำคัญของครู คือการช่วย ให้นักเรียนสามารถสะท้อนคิดและติดตามกระบวนการให้เหตุผลของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการประเมินบทความการให้เหตุผลควรพิจารณาจากคุณลักษณะหลัก 4 ประการ ได้แก่ การระบุข้อสรุปที่ถูกต้อง การแสดงหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุป การอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง หลักฐานกับข้อสรุป และการพิจารณาความเป็นไปได้ของข้อสรุปอื่นในบริบทเดียวกัน

ในทำนองเดียวกัน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น. 50) ได้นำเสนอแนวทางในการประเมินความสามารถในการให้เหตุผล โดยชี้ให้เห็นว่าควรประเมิน ทั้งด้านเนื้อหาและกระบวนการคิด เช่น การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์เพื่อสนับสนุนเหตุผล การคาดการณ์ด้วยวิธีคณิตศาสตร์ การประเมินข้อโต้แย้งและการพิสูจน์ ตลอดจนความสามารถ ในการเลือกใช้แนวทางที่หลากหลายในการอธิบายหรือพิสูจน์แนวคิดทางคณิตศาสตร์

Wilson (1971, pp. 643-696 อ้างอิงถึงใน อิศริยะ อรัญมิตร, 2560, น.40-42) ได้จำแนกพฤติกรรมที่สะท้อนความสามารถในการให้เหตุผลออกเป็นลำดับขั้นตามพุทธิพิสัย ของบลูม (Bloom's Taxonomy) โดยเฉพาะในด้านการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งประกอบด้วย หลายความสามารถสำคัญ ได้แก่ การติดตามแนวคิดที่เป็นเหตุเป็นผล การค้นหาความสัมพันธ์ ใหม่จากข้อมูล การสร้างและตรวจสอบข้อพิสูจน์ การวิพากษ์วิจารณ์ข้อสรุปที่เสนอ และการคิด สร้างสูตรทั่วไปที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ในหลายบริบท

นอกจากนี้ มัณฑนา ศรีสุจันทร (2560, น.7) ยังเสนอกรอบแนวคิดที่ใช้ใน การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งประกอบด้วย 2 ด้านหลัก คือ ด้านการ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อยจากกรณีเฉพาะ เพื่อพัฒนาไปสู่การเชื่อมโยงเชิงทั่วไป และ ด้านการสื่อสารข้อสรุปในรูปของข้อความคาดการณ์ที่น่าเชื่อถือแต่ยังไม่มีการพิสูจน์อย่างสมบูรณ์

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวนำมาแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ **ด้านที่ 1 ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์** โดยพิจารณาความสามารถของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไป และ **ด้านที่ 2 ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์** พิจารณาความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ ที่ได้สังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ นำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือซึ่งเรียกข้อสรุปดังกล่าวว่า ข้อความคาดการณ์แต่ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แล้วยังไม่พบข้อขัดแย้ง โดยผู้วิจัยจะนำความสามารถทั้ง 2 ข้อดังกล่าวไปใช้ในการพิจารณาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยต่อไป

2.5 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นพฤติกรรมทางสติปัญญาที่แสดงออกระหว่างกระบวนการคิดเชิงอุปนัย ซึ่งนักการศึกษาและนักวิชาการหลายท่านได้ให้แนวคิดที่เกี่ยวข้องไว้ โดยในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากทั้งงานวิจัยต่างประเทศและในประเทศมาสังเคราะห์เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ครอบคลุมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทของการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

Klauer et al. (2002, pp.1-21) ได้เสนอกรอบแนวคิดของการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยแบ่งออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ การสรุปแบบทั่วไป (generalization), การแยกแยะ (discrimination), การจำแนกแบบไขว้ (cross-classification), การระบุความสัมพันธ์ (recognizing relationships), การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ (differentiating relationships) และการสร้างระบบ (system construction) กรอบแนวคิดนี้สะท้อนลักษณะเชิงโครงสร้างของกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่สามารถฝึกฝนได้ และมีลักษณะเป็นพฤติกรรมทางสติปัญญาที่ผู้เรียนแสดงออกผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดหมวดหมู่ เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปข้อมูล

Christou and Papageorgiou (2007, pp.55-65) ได้พัฒนากรอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัยทางคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา โดยเสนอว่า กระบวนการคิดเชิงอุปนัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การรวบรวมและแสดงข้อมูล (Data Gathering and Representation), การระบุรูปแบบ (Pattern Identification), การสร้างข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ (Conjecturing) และการตรวจสอบข้อสรุป (Verification) ซึ่งแต่ละขั้นตอนสะท้อนถึง

พฤติกรรมทางสติปัญญาที่สามารถสังเกตได้จากการที่ผู้เรียนสังเกต ทดลอง เปรียบเทียบ วิเคราะห์ คั่นหารูปแบบ สร้างข้อสรุป และตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่สร้างขึ้น ทั้งนี้ กรอบแนวคิดดังกล่าว มีพื้นฐานจากแนวคิดของ Klauer ในการจัดลำดับและอธิบายพฤติกรรมการคิดเชิงอุปนัย

De Van Vo and Benő Csapó (2022, pp.506-519) ได้ทบทวนงานวิจัยเชิงประจักษ์จำนวน 38 เรื่องที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในบริบทของโรงเรียน โดยให้นิยามการให้เหตุผลแบบอุปนัยว่าเป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่ผู้เรียนใช้ในการสร้างข้อสรุปทั่วไปจากข้อมูลเฉพาะ และเสนอว่าการประเมินความสามารถดังกล่าวมักอาศัยภาระงานเฉพาะ เช่น analogies, series completion, classification และ matrix reasoning ซึ่งสามารถใช้สังเกตลักษณะพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างกระบวนการคิดเชิงอุปนัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเครื่องมือวัดที่ใช้นั้นมีแนวคิดจาก Klauer เป็นกรอบอ้างอิงสำคัญ

สำหรับในประเทศไทย จิณดิษฐ์ ละออปักษิณ (2550, น.185) ได้สร้างแบบสำรวจรายการพฤติกรรมการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้านที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ ด้านการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ประกอบด้วยรายการประเมิน ได้แก่ (1) อภิปรายวางแผนถึงวิธีการเก็บข้อมูล (2) ทดลองปฏิบัติ เพื่อเก็บและบันทึกข้อมูล (3) มีการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันถึงผลที่ได้ (4) อภิปรายเพื่อระบุถึงตัวแปรที่สำคัญ (5) อภิปรายถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล และด้านการหาข้อสรุปข้อความคาดการณ์ ประกอบด้วยรายการประเมิน ได้แก่ (1) คาดคะเนผลการศึกษาหรือผลการทดลอง (2) สร้างข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์โดยใช้ความสัมพันธ์เวียนเกิด (3) สร้างข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์โดยใช้รูปแบบปิด (4) อภิปรายถึงเหตุผลสำหรับข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ (5) ขยายข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ไปสู่กรณีทั่วไป

มณฑนา ศรีสุจันทร์ (2560, น.213) ได้สร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยมีรายการการประเมินพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย ประกอบด้วย (1) นักเรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องมาใช้ได้ (2) มีความกระตือรือร้นในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (3) ระบุความสัมพันธ์ของข้อมูล (4) สร้างข้อความคาดการณ์ได้ (5) เขียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์ (6) มีความพยายามอธิบายและนำเสนอความสัมพันธ์ของข้อมูล (7) มีความพยายามอธิบายและนำเสนอข้อความคาดการณ์

จากการศึกษาข้อมูลกล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ **ด้านที่ 1** ด้านการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูล

ที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์โดยพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไปและ**ด้านที่ 2** ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ โดยพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ที่ได้สังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ นำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือซึ่งเรียกข้อสรุปดังกล่าวว่าข้อความคาดการณ์ แต่ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แล้วยังไม่พบข้อขัดแย้ง ทั้งนี้ พฤติกรรมทั้งสองด้านนี้สะท้อนกระบวนการคิดเชิงอุปนัยของผู้เรียนที่สามารถสังเกต ประเมิน และส่งเสริมได้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้หรือภาระงานที่ออกแบบมาอย่างเป็นระบบ และถือเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 แนวทางการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นส่วนหนึ่งของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนาการให้เหตุผลดังกล่าวย่อมมีความสอดคล้องและเป็นไปในทางเดียวกันกับการพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 35) ชี้ให้เห็นว่าความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผลในแต่ละเรื่องขึ้นอยู่กับองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องและความสามารถในการสื่อสารของผู้แสดงเหตุผล ด้วยเหตุนี้ ครูจึงควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ ไม่ควรมุ่งเน้นเพียงการตอบคำถามที่เป็นตัวเลขหรือคำตอบสั้น ๆ โดยปราศจากการอธิบาย คำถามที่ใช้ควรกระตุ้นให้นักเรียนแสดงเหตุผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างนิสัยในการคิดอย่างมีเหตุผลและสามารถอภิปรายแนวคิดของตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 150-151) ได้กล่าวถึง การใช้คำถามเพื่อพัฒนาการให้เหตุผล ซึ่งครูอาจนำไปดัดแปลงในการสอนคณิตศาสตร์ได้ โดยยกตัวอย่างคำถามเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

- 1) สิ่งนั้นเป็นจริงในทุกกรณีหรือไม่ นักเรียนจะอธิบายได้อย่างไร
- 2) นักเรียนมีตัวอย่างประกอบใดบ้าง
- 3) นักเรียนจะพิสูจน์เรื่องนี้ได้อย่างไร
- 4) อะไรที่เป็นสมมุติฐานของนักเรียน
- 5) ทำไมนักเรียนจึงเลือกใช้วิธีการนี้

6) ทำไมถึงคิดว่าใช่ หรือคิดว่าเป็นจริง นักเรียนสรุปในเรื่องนี้ได้อย่างไร
 7) สิ่งที่ได้มา หรือคำตอบ หรือผลการสรุปมีความหมายอย่างไร
 8) นักเรียนคิดว่าจะตัดสินใจอย่างไร
 9) นักเรียนจะอธิบายวิธีการของนักเรียนแก่เพื่อน ๆ ได้อย่างไร และบอกได้หรือไม่ว่าทำไมวิธีการของนักเรียนจึงใช้ได้

10) นักเรียนได้คำตอบมาอย่างไร
 11) คำตอบของนักเรียนมีเหตุผลหรือไม่ เพราะเหตุใด และถ้าไม่ เพราะเหตุใด
 12) นักเรียนสังเกตเห็นอะไรบ้างเมื่อ
 13) ทำไมนักเรียนถึงได้จัดการกับผลที่ได้ในลักษณะแบบนี้
 14) นักเรียนคิดว่าจำนวนอื่นจะใช้ได้ไหมกับเรื่องนี้
 15) นักเรียนได้คิดหาความเป็นไปได้อื่น ๆ อย่างใดบ้าง และนักเรียนจะมั่นใจได้อย่างไร

16) สิ่งเหล่านี้สัมพันธ์กับ...อย่างไร
 17) อะไรคือแนวคิดที่เรียนรู้ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาโจทย์
 18) สิ่งที่นักเรียนพบในหนังสือพิมพ์มีอะไรที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์ เพราะเหตุใด
 19) นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเห็นด้วย หรือเพราะเหตุใดจึงไม่เห็นด้วย

20) ใครมีคำตอบที่เหมือนกัน แต่มีวิธีการอธิบายที่ต่างกัน
 21) นักเรียนเข้าใจหรือไม่ว่าเรื่อง ... พูดว่าอย่างไร
 22) นักเรียนจะทำให้เพื่อนคนอื่น ๆ เห็นด้วยกับคำตอบของนักเรียนว่าเป็นคำตอบที่เป็นเหตุเป็นผลที่ดีได้อย่างไร

Guilford and Hoepfner (1971, pp. 28-32 อ้างถึงใน ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557, น. 59-60) ได้เสนอว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเป็นสิ่งที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาได้ โดยควรเริ่มตั้งแต่ระดับโรงเรียนผ่านการออกแบบการเรียนการสอนที่ช่วยให้นักเรียนฝึกฝนการคิดอย่างมีเหตุผลควบคู่ไปกับเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ที่เรียนในแต่ละวัน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น. 194-195 อ้างถึงใน ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล, 2557, น. 59) ที่ระบุว่า การฝึกให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลอย่างมีระบบ

นั้น ควรบูรณาการไปกับทุกวิชาที่เรียน โดยเฉพาะในวิชาคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ สสวท. ยังได้เสนอปัจจัยหลักที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลไว้ 3 ประการ ได้แก่

1) การสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ที่น่าเสนอปัญหาหรือโจทย์ที่น่าสนใจและเหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน

2) การเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดและเหตุผลของตนเองอย่างอิสระ

3) การมีบทบาทของครูในการชี้แนะ วิเคราะห์ และให้ข้อเสนอแนะอย่างชัดเจนว่าเหตุผลที่นักเรียนให้มานั้นมีความถูกต้องตามหลักเหตุผลหรือมีจุดที่ควรปรับปรุงอย่างไร

จากแนวคิดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ครูมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล โดยไม่เพียงจัดสภาพแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นเท่านั้น แต่ยังต้องมีทักษะในการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการสะท้อนคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบอีกด้วย

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (2000 อ้างถึงใน ภาวนิชา ศรีรัตน์, 2562, น. 28) ได้ระบุถึง การพัฒนาความคิดและการให้เหตุผลของนักเรียนควรทำเป็นประจำ ครูต้องมีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์เป็นอย่างดี ครูต้องจัดบรรยากาศในการเรียนคณิตศาสตร์ ครูต้องแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสิ่งที่รู้ว่ามีเหตุผลในเรื่องรูปแบบ และข้อเท็จจริงทางคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินความสมเหตุสมผล ข้อเสนอแนะที่ได้อภิปรายไว้ นักเรียนต้องพัฒนาความเชื่อมั่นในความสามารถในการให้เหตุผลที่มีต่อคำถามที่มีเหตุผลทางคณิตศาสตร์อื่น ๆ วิธีนี้ทำให้นักเรียนเชื่อว่าตรรกศาสตร์สำคัญกว่าอำนาจภายนอกในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในระดับชั้นอื่น ๆ ครูพยายามที่จะสร้างบรรยากาศในการอภิปราย การตั้งคำถามและการฟังในชั้นเรียน ครูคาดหวังว่านักเรียนจะค้นหา กำหนดและวิจารณ์คำอธิบายเพื่อนในชั้นเรียน เรียนแบบสืบสวนสอบสวน ครูจะต้องช่วยนักเรียนอภิปรายถึงโครงสร้างทางตรรกศาสตร์ด้วยเหตุผลของนักเรียนเอง การวิจารณ์อย่างมีเหตุผลและการอภิปราย ข้อคาดการณ์เป็นเนื้อหาที่มีความละเอียดรอบคอบ การเดาอย่างมีเหตุผลสามารถอธิบายได้ด้วยคำแนะนำดังกล่าว นักเรียนจะพัฒนามาตรฐานระดับสูงของการยอมรับความคิดเห็น และพวกเขาเข้าใจถึงความถูกต้อง และความรับผิดชอบในการพัฒนาและปกป้องเหตุผลของพวกเขา

สภาครุคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (2000 อ้างถึงใน ภาวนิชา ศรีรัตน์, 2562, น. 28) ได้เสนอเคล็ดลับในการพัฒนาการให้เหตุผลไว้ดังนี้

1) ให้งานที่คำถามนักเรียนนึกภาพออกมาสำหรับตัวเอง

2) ถามเพื่อให้นักเรียนบรรยายเป็นภาษาของตนเอง รวมทั้งรวมถึงสมมติฐานต่าง ๆ ที่นักเรียนได้สร้างขึ้น

3) ให้อ่านนักเรียนในการวิเคราะห์ปัญหา สำรวจปัญหามากขึ้นโดยใช้แบบรูป และหลังจากนั้นดำเนินการต่อไปเป็นวิธีการที่เป็นทางการ

4) ควรหลีกเลี่ยงการให้คำตอบโดยตรงเมื่อผู้เรียนยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้สำเร็จ และมองหาวิธีการอื่นที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดของตนเอง รวมถึงลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างมีความหมาย

5) ถามคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด เช่น นักเรียนรู้ได้อย่างไร

6) ควรเว้นระยะเวลาอย่างเหมาะสมภายหลังการตั้งคำถาม เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พิจารณาและใช้เหตุผลของตนเองในการคิดหาแนวทางตอบคำถาม

7) กระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามที่ทำให้เกิดการค้นพบด้วยตนเองและผู้อื่น

8) คาดหวังให้นักเรียนสื่อสารเหตุผลของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นและครู โดยการพูดและเขียนในภาษาทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม

9) เน้นการอธิบายที่เป็นตัวอย่างที่ดีและให้นักเรียนสะท้อนสิ่งที่นักเรียนได้ทำ

10) กำหนดสภาพห้องเรียนให้นักเรียนรู้สึกสะดวก สบาย ในการแบ่งปันข้อโต้แย้งทางคณิตศาสตร์และวิจารณ์ข้อโต้แย้งของเพื่อนในลักษณะที่สร้างสรรค์

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล (2561, น.13-15) ได้กล่าวว่า ถึงแม้จะ Active แต่ก็ยังจำเป็นต้องมี Concepts การเรียนรู้ตามแนว Active Learning นั้น นอกจากจะเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ แล้ว ยังไม่พอ แต่จะต้องมีองค์ความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติกิจกรรมเหล่านั้นด้วย มิฉะนั้นจะเข้าทำนองที่เรียกว่า “มีแต่กิจกรรมแต่ไม่มีสาระ” โดยได้ให้ความหมายและประเภทของความคิดรวบยอดดังนี้

ความคิดรวบยอด (Concept) หมายถึง ลักษณะร่วมที่สำคัญของสิ่งหนึ่งสิ่งใดขาดองค์ประกอบใดไม่ได้ สามารถนำไปสรุปอ้างอิงได้ (generalization) เช่น ดอกไม้ประกอบด้วยกลีบดอก เกสร และก้านดอก เป็นต้น

ความคิดรวบยอดมี 10 ประเภท ครูจำเป็นต้องทราบว่าความคิดรวบยอดที่จะจัดการเรียนรู้ นั้น เป็นความคิดรวบยอดประเภทใด เพื่อที่ครูจะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับประเภทของความคิดรวบยอด ดังนี้

1) ความคิดรวบยอดที่เป็นลักษณะร่วม (Conjunctive concept)

- สิ่งที่มีความแตกต่างกันแต่ก็มีลักษณะร่วมที่เหมือนกัน

- 2) ความคิดรวบยอดที่เป็นการแยกลักษณะ (Disjunctive concept)
 - การแยกแยะองค์ประกอบของวัสดุสิ่งของ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- 3) ความคิดรวบยอดที่เป็นสิ่งที่สัมพันธ์กัน (Relational concept)
 - พิจารณาคุณลักษณะ คุณค่าที่สัมพันธ์กัน กฎที่มีความสัมพันธ์กัน
 เมื่อเข้าใจ concept แล้วจะนำไปสู่การเชื่อมโยงกับสิ่งอื่น
- 4) ความคิดรวบยอดที่เป็นเหตุเป็นผลกัน (Logical concept)
 - สิ่งที่มีความสัมพันธ์กันแบบสาเหตุและผล (cause and effect)
- 5) ความคิดรวบยอดที่เป็นไปตามธรรมชาติ(Nature concept)
 - สัตว์ สุนัข แมว วัว สิ่งแวดล้อม ต้นไม้ อากาศ น้ำ
- 6) ความคิดรวบยอดที่เป็นรูปธรรม (Concrete concept)
 - สิ่งที่สามารถจับต้องและสังเกตได้มีลักษณะคงเส้นคงวา
- 7) ความคิดรวบยอดที่กำหนดคำจำกัดความ (Defined concept)
 - สามารถกำหนดคำจำกัดความหรือความสัมพันธ์ที่เป็นนามธรรมซึ่งเป็นพื้นฐานไปสู่การสร้างกฎเกณฑ์
- 8) ความคิดรวบยอดที่เป็นข้อมูล ความจริง (Substantive concept)
 - ตัวเลขสถิติข้อเท็จจริง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- 9) ความคิดรวบยอดที่เป็นคุณค่า (Value concept)
 - ความดี ความกตัญญู ความซื่อสัตย์สุจริต ความเมตตากรุณา
- 10) ความคิดรวบยอดที่เป็นวิธีการ (Methodological concept)
 - การคิดคำนวณ การทดลอง การสืบเสาะแสวงหาความรู้

เมื่อพิจารณาข้อมูลทีกล่าวก่อนแล้ว สามารถสังเคราะห์ได้ว่า การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องอาศัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ซึ่งครูมีบทบาทสำคัญในการออกแบบและดำเนินกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างมีเหตุผลผ่านการลงมือปฏิบัติ เช่น การตั้งคำถาม การสำรวจ การทดลอง และการสร้างข้อสรุปจากข้อมูล เป็นต้น นอกจากนี้ การใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดวิเคราะห์ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม และการสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะการให้เหตุผลได้อย่างเป็นระบบและยั่งยืน

2.7 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ผู้ทรงคุณวุฒิในแวดวงการจัดการศึกษาและองค์ความรู้ทางวิชาการได้เสนอแนวเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยไว้ ดังนี้

Stiggins (1997, pp.279-280) ได้กล่าวถึง เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลจากการเขียนเรียงความการให้เหตุผลจะถูกประเมินตามคุณสมบัติสี่ประการได้แก่ (1) ระบุข้อสรุปที่ถูกต้อง (2) แสดงหลักฐานประกอบข้อสรุป (3) อธิบายว่าเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อสรุป และ (4) เมื่อพิจารณาถึงการตีความอื่นตามความเหมาะสม คุณลักษณะที่สี่เป็นทางเลือกในคุณลักษณะแต่ละรายการได้รับการจัดอันดับในระดับตั้งแต่ 1 (ต่ำ) ถึง 4 (สูง) โดยทั่วไป คะแนนหนึ่งคะแนนบ่งชี้ว่าสถานที่นั้นขาดหายไปหรือไม่ถูกต้อง ในขณะที่คะแนนสี่แสดงว่าสถานที่นั้นได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่ อย่าให้คะแนนเรียงความหากอยู่นอกงาน (จากข้อความนี้ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ตีความระดับคะแนนเป็นระดับ 0 ในกรณีไม่ส่งงาน) คำอธิบายของพื้นฐานสำหรับคะแนนแต่ละคะแนนมีดังนี้

ตาราง 5 เกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลจากการเขียนเรียงความการให้เหตุผลของ Stiggins

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
บทสรุป / ลักษณะทั่วไป	
4	เรียงความระบุข้อสรุปที่ถูกต้องและยอมรับได้ ข้อสรุปมีความเฉพาะเจาะจงและแม่นยำ คำแถลงของข้อสรุปมีรายละเอียดเพิ่มเติมโดยคำนำที่สมบูรณ์ซึ่งอาจรวมถึงภูมิหลัง บริบท ความสำคัญ หรือประเภทของข้อมูลหรือหลักฐานที่จะนำเสนอเพื่อสนับสนุน
3	เรียงความเพียงระบุข้อสรุปที่เฉพาะเจาะจงและถูกต้อง
2	เรียงความแสดงถึงข้อสรุปหรือลักษณะทั่วไป แต่ไม่ได้ระบุ ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้องพร้อมหลักฐานบางอย่าง
1	สรุปไม่ได้ระบุไว้เลยหรือระบุไว้อย่างไม่ถูกต้อง

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
หลักฐานสนับสนุน / ข้อมูล	
4	เรียงความนำเสนอหลักฐานของข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง ถูกต้อง เกี่ยวข้อง และมากเกินพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป
3	เรียงความนำเสนอหลักฐานหรือข้อมูลเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป อาจมีคำอธิบายทั่วไปของหลักฐานหรือบางอย่างที่น่าสงสัยเล็กน้อย หลักฐานส่วนใหญ่มีความเฉพาะเจาะจง ถูกต้อง เกี่ยวข้อง และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป
2	หลักฐานไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป หลักฐานบางอย่างอาจมีความเฉพาะเจาะจง แต่ส่วนใหญ่อาจเป็นเรื่องทั่วไปหรือคลุมเครือ หลักฐานบางอย่างอาจเป็นเรื่อน่าสงสัย หลักฐานสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง
1	หลักฐานเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยสนับสนุนข้อสรุป หลักฐานส่วนใหญ่อาจคลุมเครือ สับสน และไม่ถูกต้อง
คำอธิบาย	
4	เรียงความอธิบายอย่างชัดเจน ถูกต้อง และถี่ถ้วนว่าทำไมหลักฐานที่นำเสนอจึงสนับสนุนข้อสรุป ข้อความอธิบายอาจสรุปความเกี่ยวข้องของเนื้อหาของหลักฐาน หรืออาจอธิบายหลักฐานแต่ละประเภท
3	เรียงความนำเสนอคำอธิบายบางประการว่าเหตุใดหลักฐานส่วนใหญ่จึงสนับสนุนข้อสรุป
2	เรียงความอาจพยายามใช้คำชี้แจง แต่เหตุผลที่ชัดเจนไม่ได้รับความเกี่ยวข้องของหลักฐานกับข้อสรุป
1	ไม่มีคำอธิบายใด ๆ หรือทำให้เกิดความสับสนหรือไม่ถูกต้อง
การตีความทางเลือก	
4	เรียงความอธิบายว่าหลักฐานเพิ่มเติมหรือหลักฐานเดียวกันอาจนำไปสู่ข้อสรุปที่แตกต่างกันได้อย่างไร
3	เรียงความระบุการตีความทางเลือกหนึ่งหรือหลายอย่างที่อาจมาจากหลักฐานเดียวกันหรือเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามไม่มีการอธิบาย
2	เรียงความยืนยันว่าอาจมีการตีความอื่นโดยไม่ระบุว่าคืออะไร
1	ไม่มีการกล่าวถึงการตีความแบบอื่นหรือทางเลือกที่เสนอให้ดูเหมือนไม่เหมาะสมอย่างยิ่ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น.50-52) ได้นำเสนอแนวทางในการประเมินความสามารถด้านการให้เหตุผล โดยเน้นว่าการประเมินควรสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เช่น หากประเมินเพื่อวางแผนจัดการเรียนรู้ ควรใช้ข้อมูลเพื่อตรวจสอบความพร้อมของผู้เรียนในประเด็นที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลนั้นไปใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้การสอนต่อไป ซึ่งการประเมินในลักษณะนี้ควรมุ่งเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในหลายแง่มุมอย่างละเอียด

ในกรณีที่ประเมินเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลโดยตรง อาจใช้การให้คะแนนทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผล โดยประเมินแบบองค์รวมผ่านเกณฑ์ที่มีอยู่แล้วหรือพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์จริงของผู้สอน ทั้งนี้ สสวท. ยังได้เสนอแนวทางการประเมินด้วยตัวอย่างสถานการณ์ เช่น การให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นต่อข้อความในสถานการณ์สมมติ เช่น "ฉันสามารถสร้างรูปสามเหลี่ยมที่มีมุมฉากสองมุมได้" เพื่อพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผลและอธิบายอย่างเป็นระบบ

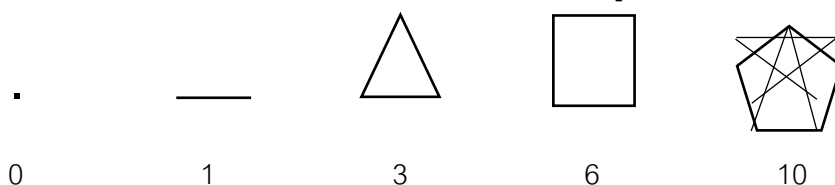
ตาราง 6 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (อ้างอิงจาก สสวท.)

ระดับ	รายละเอียดของเกณฑ์ และตัวอย่างคำพูดของนักเรียน
0	(1) ไม่ได้แสดงคำตอบหรือวิธีคิดทางคณิตศาสตร์ และไม่มีการใช้ภาษาหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ เช่น กรณีที่ตอบเพียงว่า “เห็นด้วย แพรวน่าจะทำได้” ซึ่งเป็นเพียงการให้กำลังใจเพื่อน แต่ไม่สะท้อนกระบวนการให้เหตุผลหรือการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใด ๆ
1	(1) แสดงความพยายามในการให้เหตุผล แต่ข้อสรุปยังไม่ถูกต้อง ตัวอย่าง เช่น “ใช่ ๆ ก็สร้างให้มุมฉากหนึ่งอยู่ด้านบน อีกมุมอยู่ด้านล่าง” คำตอบนี้สะท้อนให้เห็นถึงความพยายามในการใช้เหตุผล แต่ยังขาดความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติของมุมในรูปสามเหลี่ยม ส่งผลให้ข้อสรุปที่ได้ไม่ถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ (2) ข้อสรุปบางส่วนถูกต้อง แต่เหตุผลที่อธิบายยังคลาดเคลื่อน ตัวอย่าง เช่น “สร้างไม่ได้ เพราะสามเหลี่ยมทุกรูปจะต้องมีมุมเป็นมุมฉาก” คำตอบนี้แสดงความเข้าใจบางประเด็นเกี่ยวกับข้อจำกัดของสามเหลี่ยม แต่ยังอธิบายเหตุผลได้ไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วน เช่น การเข้าใจผิดว่าทุกสามเหลี่ยมต้องมีมุมฉาก ซึ่งไม่เป็นจริงในทางคณิตศาสตร์

ตาราง 6 (ต่อ)

ระดับ	รายละเอียดของเกณฑ์ และตัวอย่างคำพูดของนักเรียน
2	(1) คำตอบถูกต้อง แต่เหตุผลยังไม่ชัดเจนหรือไม่สมบูรณ์ “สร้างไม่ได้ เพราะรูปสามเหลี่ยมจะมีมุมฉากเพียงมุมเดียว” “สร้างไม่ได้ จะสร้างได้ก็ต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า” นักเรียนสามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้ แต่การให้เหตุผลยังขาดความชัดเจน หรืออธิบายไม่ครบถ้วนตามหลักการทางเรขาคณิต เช่น ยังไม่เชื่อมโยงกับสมบัติเชิงมุมของรูปสามเหลี่ยม
3	(1) คำตอบถูกต้อง มีเหตุผลสนับสนุน แต่ยังอิงกับภาพหรือสื่อรูปธรรม “สร้างไม่ได้ เพราะถ้ามีมุมฉาก 2 มุม เราได้ด้าน 3 ด้าน แต่ด้านจะไม่ต่อกัน” “สร้างไม่ได้ เพราะสร้างมุมฉาก 2 มุม แล้วเราพยายามเชื่อมต่อด้าน ก็จะได้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า” คำตอบในระดับนี้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเริ่มเข้าใจข้อจำกัดของการสร้างรูปสามเหลี่ยมจากประสบการณ์ตรง เช่น การวาดภาพหรือการใช้วัสดุจำลอง แต่ยังไม่ได้เชื่อมโยงกับสมบัตินามธรรมของสามเหลี่ยมโดยตรง
4	(1) คำตอบถูกต้อง พร้อมเหตุผลที่ชัดเจน อิงหลักการทางคณิตศาสตร์ “ทำไม่ได้ เพราะรูปสามเหลี่ยมมีมุมภายในรวมกันได้ 180 องศา” “ถ้ามีมุม 2 มุม รวมเป็น 2 มุมฉากซึ่งเท่ากับ 180 องศา อีกมุมต้องเป็น 0 องศา ก็จะไม่เกิดเป็นรูปสามเหลี่ยม” “ทำไม่ได้ เพราะเราจะสร้างรูปสามเหลี่ยมให้มีด้านขนานกันไม่ได้” คำตอบเหล่านี้สะท้อนถึงการเข้าใจสมบัติพื้นฐานของรูปสามเหลี่ยม และสามารถอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยใช้ความรู้เชิงนามธรรม เช่น เรื่องมุมภายในของสามเหลี่ยม และข้อจำกัดของโครงสร้างทางเรขาคณิตอย่างชัดเจน

ตัวอย่างที่ 2 จงพิจารณาจำนวนส่วนของเส้นตรงจากรูปข้างล่าง



รูปถัดไปมีส่วนของเส้นตรงทั้งหมดกี่เส้น

ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนการให้เหตุผลและคำอธิบายระดับคุณภาพ (อ้างอิงจาก สสวท.)

ระดับ	รายละเอียดของเกณฑ์ และตัวอย่างคำพูดของนักเรียน
0	- ไม่มีคำตอบ ไม่ได้ทำ คำตอบไม่ถูกต้องและไม่ใช้ภาษาเกี่ยวกับคณิตศาสตร์
1	- มีความพยายามใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต คาดการณ์ผลลัพธ์หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดแต่คำตอบไม่ถูกต้อง
2	- คำตอบถูกต้อง ใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตศาสตร์ มีการคาดการณ์ผลลัพธ์หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนด แต่ไม่สามารถอธิบายวิธีคิดที่คำตอบได้มาอย่างไร
3	- คำตอบถูกต้อง ใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต คาดการณ์ผลลัพธ์หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนด โดยเชื่อมโยงความรู้แบบรูปและความสัมพันธ์มาช่วยหาคำตอบแต่ยังไม่สามารถอธิบายวิธีคิดอย่างเป็นระบบ
4	- คำตอบถูกต้อง ใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต คาดการณ์ผลลัพธ์หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนด โดยเชื่อมโยงความรู้แบบรูปและความสัมพันธ์มาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดได้ชัดเจนและเป็นระบบ

การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลสามารถดำเนินการผ่านเกณฑ์การให้คะแนนแบบกำหนดเกณฑ์ (Rubric) ซึ่งช่วยลดอคติในการให้คะแนนและเพิ่มความโปร่งใสในการประเมินผล อีกทั้งยังเอื้อต่อการให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณภาพเพื่อการพัฒนาของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง ในบางกรณี อาจเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกำหนดเกณฑ์กับครู เพื่อสร้างความเข้าใจร่วมและเสริมความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ ทั้งนี้ รูปแบบของเกณฑ์สามารถปรับให้เหมาะสมกับเนื้อหา ลักษณะกิจกรรม และระดับชั้นของผู้เรียน

ตาราง 8 เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านการให้เหตุผล

คะแนน / ความหมาย	ความสามารถในการให้เหตุผลที่ปรากฏให้เห็น
0 / ไม่พยายาม	- ไม่ปรากฏแนวคิดที่ใช้ประกอบการตัดสินใจ หรือแนวคิดที่แสดงออกมานั้นคลาดเคลื่อนจากหลักการทางคณิตศาสตร์ทั้งหมด
1 / ต้องปรับปรุง	- แสดงความพยายามในการนำเสนอแนวคิดเพื่อประกอบการตัดสินใจ แม้จะยังมีข้อผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในหลายจุด (มากกว่าสองแห่ง)
2 / พอใช้	- เสนอแนวคิดได้สมเหตุสมผลในการประกอบการตัดสินใจ แต่ข้อบกพร่อง 2 แห่ง
3 / ดี	- สามารถอ้างอิงแนวคิดได้อย่างถูกต้อง และมีการใช้เหตุผลเพื่อประกอบการตัดสินใจ แม้ยังมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเพียงจุดเดียว
4 / ดีมาก	- สามารถอ้างอิงแนวคิดได้อย่างเหมาะสม พร้อมทั้งแสดงเหตุผลในการตัดสินใจที่มีความชัดเจนและสมเหตุสมผล

จินดิษฐ์ ละออบักษิณ (2550, น.182) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาหลักสูตรเรขาคณิต วิทยุสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในระดับสูง โดยในการประเมินความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะในมิติของการสรุปผลหรือการสร้างข้อความคาดการณ์นั้น ได้ใช้วิธีการให้คะแนนตามเกณฑ์แบบรูบรีค (Rubric) เพื่อสะท้อนระดับความสามารถของผู้เรียนอย่างชัดเจนและเป็นระบบ ไว้ดังนี้

ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด เพื่อใช้ในการวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของจินดิสฐ์ ลออปักษิน

ระดับ คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	
3	ผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้อย่างชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลบันทึกผล ตัวแปรที่สำคัญ และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นได้อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วน
2	ผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ไม่ชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลบันทึกผล แต่กำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ถูกต้องเพียง 2 ใน 3
1	ผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ไม่ชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลบันทึกผล แต่กำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ถูกต้องเพียง 1 ใน 3
0	ผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ โดยไม่สามารถกำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้
การหาข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์	
3	ผู้เรียนสามารถแสดงความเข้าใจปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง โดยสามารถสรุปหรือสร้างข้อความคาดการณ์ที่ถูกต้องและสอดคล้องกับบริบทของปัญหาอย่างครบถ้วน
2	ผู้เรียนแสดงความเข้าใจในปัญหาและสามารถสรุปหรือคาดการณ์ได้อย่างถูกต้องในภาพรวม แต่ยังมีข้อบกพร่องเล็กน้อย หรือขาดความสมบูรณ์ในบางประเด็น
1	ผู้เรียนมีระดับความเข้าใจต่อปัญหาในบางประเด็น และสามารถสร้างข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับจากการทดลองได้ในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปดังกล่าวยังไม่สามารถนำไปใช้เป็นจริงในกรณีทั่วไปได้อย่างถูกต้อง
0	ผู้เรียนยังไม่สามารถแสดงความเข้าใจต่อประเด็นปัญหาได้อย่างชัดเจน และไม่สามารถสรุปหรือสร้างข้อความคาดการณ์จากข้อมูลที่มีได้

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล (2558, น.341) ได้กล่าวถึง การประเมินผลการโค้ชที่มีความแตกต่างจากการตรวจสอบความเข้าใจ (checking for understanding) ตรงที่การประเมินให้ความสำคัญกับการกำหนดระดับคุณภาพนักเรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจำเป็นต้องมีเครื่องมือการประเมินที่มีคุณภาพ จากประสบการณ์การทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เขียนทำให้มีเครื่องมือการประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนนที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและทดลองใช้มาแล้วหลายชนิด ซึ่งโค้ชที่สนใจสามารถนำไปใช้ได้ตามบริบทการโค้ชต่าง ๆ โดยผู้เขียนได้นำเสนอเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยมีคำชี้แจง (1) แบบเกณฑ์นี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน (2) การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 4 เท่ากับ ดีมาก ระดับ 3 เท่ากับ ดี ระดับ 2 เท่ากับ พอใช้ และระดับ 1 เท่ากับ ควรปรับปรุง และ (3) ผู้ประเมินควรพิจารณาผลงานหรือพฤติกรรมจากข้อมูลหลายด้านอย่างรอบคอบ ก่อนลงคะแนนให้สอดคล้องกับระดับที่กำหนด

ตาราง 10 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของวิชัย วงษ์ใหญ่ และ มารุต พัฒนาผล

คะแนน/ความหมาย	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
4 (ดีมาก)	- สามารถตั้งข้อคำถามหรือคำตอบที่มีแนวโน้มเป็นไปได้ โดยมีความสอดคล้องกับข้อมูลหรือสถานการณ์อย่างมีเหตุผล - แสดงเหตุผลที่ใช้ในการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม และเชื่อมโยงกับหลักฐานหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง - อธิบายข้อสรุปจากการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม โดยสะท้อนถึงความเข้าใจต่อกระบวนการคิดอย่างมีระบบ
3 (ดี)	- สามารถคาดการณ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้สูง โดยอิงหลักการหรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างมีเหตุผล - แสดงเหตุผลสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน และสัมพันธ์กับสถานการณ์หรือปัญหาที่กำหนด
2 (พอใช้)	- สามารถคาดการณ์คำตอบที่มีความเป็นไปได้ โดยมีเหตุผลประกอบที่สมเหตุสมผลรองรับข้อสรุปนั้น
1 (ปรับปรุง)	- สามารถคาดการณ์คำตอบที่มีแนวโน้มว่าจะเป็นไปได้ แต่ยังขาดการให้เหตุผลหรือคำอธิบายประกอบข้อสรุป

เมื่อพิจารณาข้อมูลที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์เพื่อแสดงการเปรียบเทียบลักษณะร่วมและลักษณะเฉพาะของเกณฑ์การประเมินความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ทำให้ได้เกณฑ์การให้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 11 และตารางที่ 12

ตาราง 11 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์)

Stiggins (1997, pp.279-280) (แสดงหลักฐานประกอบข้อสรุป)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2547, น. 52) (รูปแบบทั่วไป)	จินตนิมิต (2550, น. 182) (การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)	วรรณกร อยู่สุข (2555, น. 78) (ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล)	การประเมินการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์)
4/ เรียงความนำเสนอหลักฐานของข้อมูลที่เฉพาะเจาะจง ถูกต้อง เกี่ยวข้อง และมากเกินพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป	4 (ดีมาก) /สามารถอ้างอิงแนวคิดและให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน ครบถ้วน และสอดคล้องกับหลักวิชาการ	3 (ดีมาก) /นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้อย่างชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล บันทึกผล ตัวแปรที่สำคัญ และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรนั้นได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน	3 (ดีมาก) /นักเรียนสามารถแสดงความเข้าใจโดยการวิเคราะห์ ข้อมูลได้อย่างแม่นยำ พร้อมทั้งถ่ายทอดเนื้อหาได้อย่างครบถ้วนตามข้อกำหนดของงานหรือกิจกรรม	3 (ดีมาก) /นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดได้ถูกต้องครบถ้วนชัดเจน
3/ เรียงความนำเสนอหลักฐานหรือข้อมูลที่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป อาจมีคำอธิบายทั่วไปของหลักฐานหรือบางอย่างที่นำเสนอเล็กน้อย หลักฐานส่วนใหญ่มีความเฉพาะเจาะจง ถูกต้อง เกี่ยวข้อง และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป	3 (ดี) /มีการอ้างอิงและเสนอแนวคิด ประกอบการตัดสินใจ อย่างถูกต้อง แต่อาจมีข้อบกพร่องเล็กน้อย เพียงแห่งเดียว	2 (ดี) /นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ไม่ชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลบันทึกผล แต่กำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ถูกต้องเพียง 2 ใน 3	2 (ดี) /นักเรียนสามารถวิเคราะห์และเขียน ข้อมูลได้ถูกต้อง อย่างน้อยครึ่งหนึ่งของข้อมูลที่กำหนดให้วิเคราะห์ ทั้งหมด แต่ยังขาดบางข้อมูลหรือยังไม่สมบูรณ์นัก	2 (ดี) /นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดพอสื่อให้เข้าใจ

ตาราง 11 (ต่อ)

Stiggins (1997, pp.279-280) (แสดงหลักฐานประกอบข้อสรุป)	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (น.52) (รูปแบบทั่วไป)	จินตนิษฐ์ ละออบักษิน (2550, น.182) (การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์)	วรรณรณ อยู่สุข (2555, น.78) (ด้านการวิเคราะห์ข้อมูล)	การประเมินการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย(ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์)
2/ หลักฐานไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป หลักฐานบางอย่างอาจมีความเฉพาะเจาะจง แต่ส่วนใหญ่อาจเป็นเรื่องทั่วไปหรือคลุมเครือ หลักฐานบางอย่างอาจเป็นเรื่องน่าสงสัย หลักฐานสนับสนุนข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง	2 (พอใช้) แสดงความสามารถในการตัดสินใจโดยมีเหตุผลรองรับในระดับหนึ่ง แต่ยังไม่พบข้อบกพร่อง 2 ประการ	1 (พอใช้) /นักเรียนแสดงให้เห็นว่าสามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ไม่ชัดเจน โดยสามารถกำหนดแนวทางการทดลอง ดำเนินการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลบันทึกผล แต่กำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร ถูกต้องเพียง 1 ใน 3	1 (พอใช้) / นักเรียนวิเคราะห์และถ่ายทอดข้อมูลได้บางส่วน แต่ยังมีข้อผิดพลาดและไม่ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนดเกินครึ่ง	1 (พอใช้) /นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน
1/ หลักฐานเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยสนับสนุนข้อสรุป หลักฐานส่วนใหญ่อาจคลุมเครือ สับสน และไม่ถูกต้อง	1 (ต้องปรับปรุง) / พยายามเสนอแนวคิดประกอบการตัดสินใจ แต่ยังมีข้อบกพร่องที่ส่งผลต่อความสมบูรณ์ของคำอธิบายมากกว่า 2 ประเด็น	-	-	-
0/ ไม่ส่งงาน	0 (ไม่พยายาม) /ขาดแนวคิดประกอบการตัดสินใจที่ถูกต้อง หรือแนวคิดที่เสนอไม่มีความสอดคล้องกับหลักเหตุผลทางคณิตศาสตร์	0 (ต้องแก้ไข) /นักเรียนแสดงให้เห็นว่าไม่สามารถวิเคราะห์ และระบุความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ โดยไม่สามารถกำหนดตัวแปรหรืออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรได้	0 (ต้องแก้ไข) /นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์หรือถ่ายทอดข้อมูลตามที่กำหนดได้เลย	0 (ต้องแก้ไข) /นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดไม่ถูกต้องหรือไม่ได้เขียนเลย

ตาราง 12 การสังเคราะห์เกณฑ์การประเมินความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์)

Stiggins (1997, pp.279-280) (บทสรุป / ลักษณะทั่วไป)	สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (2547, น. 52) (จากตัวอย่างที่ 2)	จินตนิมิต ละเอียด (2550, น.182) (การหาข้อสรุปหรือ ข้อความคาดการณ์)	วรรณคดี อยู่สูง (2555, น.78) (ด้านความสามารถ ในการอธิบาย ข้อสรุป)	วิชัย วงษ์ใหญ่ และ มารุต พัฒนา (2558, น.341)	การประเมินการให้ เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับ ความสามารถใน การให้เหตุผลแบบ อุปนัย(ด้านการ เขียนข้อความ คาดการณ์)
4 /เรียงความระบุ ข้อสรุปที่ถูกต้อง และยอมรับได้ ข้อสรุปมีความ เฉพาะเจาะจง และแม่นยำ คำ แถลงของข้อสรุป มีรายละเอียด เพิ่มเติมโดยคำ นำที่สมบูรณ์ซึ่ง อาจารย์ภูมิ หลัง บริบท ความสำคัญ หรือ ประเภทของ ข้อมูลหรือ หลักฐานที่จะ นำเสนอเพื่อ สนับสนุน	4 (ดีมาก) /ตอบ ถูกต้อง ใช้ความรู้ พื้นฐานทางเรขาคณิต เชื่อมโยงแบบรูปและ ความสัมพันธ์เพื่อ สร้างข้อคาดเดา แสดง วิธีคิดได้ชัดเจนและ เป็นระบบ	3 (ดีมาก) /นักเรียน แสดงให้เห็นถึงความ เข้าใจในปัญหาอย่าง ลึกซึ้ง โดยสามารถ สร้างข้อสรุปหรือ ข้อความคาดการณ์ได้ อย่างถูกต้อง ครอบคลุม กับสภาพปัญหา	3 (ดีมาก) / นักเรียน อธิบายข้อสรุปจาก สถานการณ์ที่ กำหนดได้อย่าง ถูกต้องและครบถ้วน	4 (ดีมาก) / คาดคะเนคำตอบที่ น่าจะเป็นไปได้ อย่างสมเหตุสมผล และอธิบายเหตุผล ประกอบการ ตัดสินใจได้อย่าง เหมาะสม และ สรุปผลของการ ตัดสินใจได้อย่าง เหมาะสม	3 (ดีมาก) /นักเรียน สามารถอธิบาย ข้อความคาดการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้ จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้ ได้ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน
3 /เรียงความ เพียงระบุข้อสรุป ที่เฉพาะเจาะจง และถูกต้อง	3 (ดี) / ตอบถูกต้อง ใช้ ความรู้พื้นฐานทาง เรขาคณิตเชื่อมโยง แบบรูปและ ความสัมพันธ์เพื่อ สร้างข้อคาดเดา แต่ยัง ไม่สามารถอธิบายวิธี คิดอย่างเป็นระบบ	2 (ดี) /นักเรียนแสดง ให้เห็นถึงความเข้าใจ ในปัญหา โดย สามารถสร้างข้อสรุป หรือข้อความ คาดการณ์ได้อย่าง ถูกต้อง แต่ขาดความ ครบถ้วน หรือมี ข้อบกพร่องบาง ประการ	2 (ดี) / นักเรียน อธิบายข้อสรุปจาก สถานการณ์ที่ กำหนดได้อย่าง ถูกต้องอย่างน้อย ครึ่งหนึ่ง แม้ยังไม่ สมบูรณ์	3 (ดี) /คาดคะเน คำตอบที่น่าจะ เป็นไปได้อย่าง สมเหตุสมผล และระบุเหตุผล ประกอบการ ตัดสินใจได้	2 (ดี) /นักเรียน สามารถอธิบาย ข้อความคาดการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้ จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้ พอสื่อให้เข้าใจ

ตาราง 12 (ต่อ)

Stiggins (1997, pp.279-280) (บทสรุป / ลักษณะทั่วไป)	สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี (2547, น. 52) (จากตัวอย่าง ที่ 2)	จิตติษฐ์ ละออบักษิน (2550, น.182) (การหาข้อสรุปหรือ ข้อความคาดการณ์)	วรรณรณ อยู่สุข (2555, น.78) (ด้านความสามารถ ในการอธิบาย ข้อสรุป)	วิชัย วงษ์ใหญ่ และ มาตุต พัฒนาผล (2558, น.341)	การประเมินการให้ เหตุผลทาง คณิตศาสตร์ที่ เกี่ยวข้องกับ ความสามารถใน การให้เหตุผลแบบ อุปนัย(ด้านการ เขียนข้อความ คาดการณ์)
2 /เรียงความ แสดงถึงข้อสรุป หรือลักษณะ ทั่วไป แต่ไม่ได้ ระบุ ข้อสรุปที่ไม่ ถูกต้องพร้อม หลักฐาน บางอย่าง	2 (พอใช้) / ตอบ ถูกต้องและมีการสร้าง ข้อคาดเดาโดยใช้ ความรู้พื้นฐานทาง เรขาคณิต แต่ไม่ สามารถอธิบายวิธีคิด ได้	1 (พอใช้) /นักเรียน แสดงให้เห็นถึงความ เข้าใจในปัญหาบ้าง โดยสามารถสร้าง ข้อสรุป หรือข้อความ คาดการณ์ที่ สอดคล้องกับข้อมูลที่ ได้จากการทดลอง แต่ ไม่เป็นจริงในกรณี ทั่วไป	1 (พอใช้) / นักเรียน อธิบายข้อสรุปได้ บางส่วน แต่ยังไม่ถึง ครึ่งหนึ่งของข้อมูลที่ กำหนด หรือยังไม่ สามารถเชื่อมโยง ข้อมูลจาก สถานการณ์มาใช้ อธิบายได้อย่าง ชัดเจน	2 (พอใช้) / คาดคะเนคำตอบที่ น่าจะเป็นไปได้โดย มีเหตุผลประกอบ	1 (พอใช้) /นักเรียน สามารถอธิบาย ข้อความคาดการณ์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้ จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้ พอสื่อให้เข้าใจได้ เพียงบางส่วน
1 /สรุปไม่ได้ระบุ ไว้เลยหรือระบุไว้ อย่างไม่ถูกต้อง	1 (ต้องปรับปรุง) / มี ความพยายามใช้ ความรู้พื้นฐานทาง เรขาคณิตเพื่อสร้างข้อ คาดเดา แต่ได้คำตอบ ไม่ถูกต้อง	-	-	1 (ปรับปรุง) / คาดคะเนคำตอบที่ น่าจะเป็นไปได้แต่ ไม่มีเหตุผลประกอบ	-
0/ ไม่ส่งงาน	0 (ไม่พยายาม) /ไม่มี คำตอบ ไม่ได้ทำ คำตอบไม่ถูกต้องและ ไม่ใช้ภาษาเกี่ยวกับ คณิตศาสตร์	0 (ต้องแก้ไข) / นักเรียนแสดงให้เห็น ถึงความไม่เข้าใจใน ปัญหา โดยไม่ สามารถสร้างข้อสรุป หรือข้อความ คาดการณ์ได้	0 (ต้องแก้ไข) / นักเรียนไม่สามารถ เขียนอธิบายข้อสรุป ได้เลย	-	0 (ต้องแก้ไข) / นักเรียนสามารถ อธิบายข้อความ คาดการณ์โดยใช้ ข้อมูลที่ได้จากการ อธิบาย (เขียน แสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่ได้จากการ สังเกตจากทำ กิจกรรมการเรียนรู้ ไม่ถูกต้องหรือไม่ได้ เขียนเลย

จากตาราง 11 และตาราง 12 สามารถสรุปเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งมี 2 ด้าน คือ ด้านที่ 1 ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และ ด้านที่ 2 ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ หลักสูตรเสริมเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ดังตาราง 13

ตาราง 13 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์	3 (ดีมาก)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดได้ถูกต้องครบถ้วน ชัดเจน
	2 (ดี)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดพอสื่อให้เข้าใจ
	1 (พอใช้)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน
	0 (ปรับปรุง)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธีคิดไม่ถูกต้องหรือไม่ได้เขียนเลย

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ด้านการเขียน ข้อความคาดการณ์	3 (ดีมาก)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน โดยอ้างอิงข้อมูลจากการอธิบายความสัมพันธ์ที่ได้สังเกตระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้อย่างครบถ้วน
	2 (ดี)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยอ้างอิงข้อมูลจากการอธิบายความสัมพันธ์ที่ได้จากการสังเกตระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ได้ในระดับที่พอสื่อความหมายและเข้าใจได้
	1 (พอใช้)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากการอธิบายความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้เพียงบางส่วน ซึ่งอธิบายได้ในระดับที่พอสื่อความเข้าใจบางประเด็นเท่านั้น
	0 (ปรับปรุง)	นักเรียนไม่สามารถอธิบายข้อความคาดการณ์ได้อย่างถูกต้องหรือไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตระหว่างการทำกิจกรรมเลย

ตอนที่ 3 งานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยในประเทศ

ธิติมา อุดมพรมนตรี (2555, น.105-112) ได้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยภายในและภายนอกที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยพิจารณาทั้งด้านการให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัย ปัจจัยที่วิเคราะห์ประกอบด้วย แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ การรับรู้ความสามารถของตนเอง แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และพฤติกรรมการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า แรงจูงใจและพฤติกรรมการเรียนรู้มีอิทธิพลเชิงบวกต่อความสามารถในการให้เหตุผลทั้งสองรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่เจตคติต่อคณิตศาสตร์มีอิทธิพลเฉพาะต่อเหตุผลแบบอุปนัย ส่วนแนวทางการจัดการเรียนรู้และการรับรู้ความสามารถของตนเองไม่แสดงอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยสะท้อนว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์มิได้พัฒนาจาก

ทักษะทางวิชาการเพียงอย่างเดียว หากยังสัมพันธ์กับปัจจัยด้านจิตวิทยาและพฤติกรรมการเรียนรู้ด้วย ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ควรคำนึงถึงองค์ประกอบดังกล่าว เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลในระยะยาว โดยเฉพาะในช่วงวัยประถมและมัธยมต้นซึ่งเป็นช่วงสำคัญของการพัฒนาทักษะด้านนี้

เกรียงศักดิ์ วิสุทธีเมธีกร, นิราศ จันทระจิตร และสุมาลี ชูกำแพง (2560) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมความสามารถด้านการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงระบบควบคู่กับแนวคิดวัฏจักรการเรียนรู้ห้าขั้น (5Es) ผสานกับหลักการของการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์องค์ความรู้ (Constructivism) ผลการวิจัยในระยะต้นพบว่า ทั้งครูและนักเรียนต่างตระหนักถึงความสำคัญของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และแสดงความต้องการแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการคิดอย่างเป็นระบบ รวมทั้งการเชื่อมโยงความรู้ให้นำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตจริงในระยะพัฒนารูปแบบ พบว่ารูปแบบที่ออกแบบขึ้นมีความสอดคล้องกับบริบทของห้องเรียนระดับประถมศึกษา และสามารถส่งเสริมกระบวนการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าร้อยละ 75 และค่าประสิทธิผลตามเกณฑ์ E1/E2 อยู่ในระดับดี ซึ่งสะท้อนถึงความเหมาะสมของแนวทางการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน และการคิดเชิงโครงสร้าง ข้อค้นพบที่โดดเด่นจากการวิจัยชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้เรียนรู้ผ่านรูปแบบดังกล่าวมีพัฒนาการที่ชัดเจนในด้านการให้เหตุผล การเขียนอธิบาย และการสังเคราะห์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะนักเรียนที่มีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม มีความสามารถในการอธิบายและสื่อสารแนวคิดอย่างลึกซึ้งมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Joyce และคณะ ที่เน้นการจัดโครงสร้างประสบการณ์ผ่านกิจกรรมกลุ่มเพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้ร่วมกัน นอกจากนี้ งานวิจัยยังสนับสนุนหลักการของแนวคิดสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน (Social Constructivism) ซึ่งส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลอย่างเป็นรูปธรรม และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้แบบปกติ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ในด้านการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยสรุป งานวิจัยของเกรียงศักดิ์และคณะ สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกอย่างมีแบบแผนที่เน้นปฏิสัมพันธ์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วุฒิพงษ์ พันจันทร์, มะลิวัลย์ ภัทรชาลิกุล และนิภาพร ชูติมันต์ (2564, น.23-31) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบอุปนัย ในเนื้อหาความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ผ่านการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวทางการเรียนรู้แบบอุปนัย ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์กรณีตัวอย่างหลากหลาย นำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง การศึกษาครั้งนี้ออกแบบเพื่อพัฒนาแผนกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 พร้อมตรวจสอบดัชนีประสิทธิผล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์และความสามารถในการให้เหตุผลก่อนและหลังเรียน และศึกษาความคงทนของการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน จากโรงเรียนอนุภูวนารี จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แผนการจัดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพ 78.56/77.59 สูงกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ ดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.6812 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติชี้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 75 และ 70 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งยังพบว่าผู้เรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ในระดับเดียวกัน การใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยในครั้งนี้ช่วยส่งเสริมทักษะการคิดอย่างเป็นระบบ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสังเกต วิเคราะห์ข้อมูลจากสถานการณ์หลากหลาย เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปหรือแนวคิดคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง การอธิบาย ตรวจสอบ และปรับแนวคิดได้อย่างมีเหตุผล อันเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น

จิระประภา คำภาเกะ (2564, น.1-34) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อปริซึมและทรงกระบอก โดยผสมผสานเทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหา ก่อนและหลังการจัดกิจกรรม เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 รวมทั้งตรวจสอบระดับความพึงพอใจของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 23 คน ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และทักษะการแก้ปัญหาหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังมีค่าทักษะสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ นักเรียนยังมีระดับความพึงพอใจต่อกิจกรรมอยู่ในระดับมาก ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ให้นิยามเกมคณิตศาสตร์ว่าเป็นกิจกรรมการเล่นที่ออกแบบโดยครูเพื่อสร้างสถานการณ์การเรียนรู้ ซึ่งอาจมีอุปกรณ์หรือไม่ก็ได้ โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และทักษะพื้นฐานอื่น ๆ ภายใต้บรรยากาศของ

ความสนุกสนานและกติกาที่ชัดเจน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ในบริบทอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ภคพล สำราญ (2564a, น.92-96) ได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับการใช้สื่อประสม โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกระบวนการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ การตรวจสอบดัชนีประสิทธิผล และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ตลอดจนการสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมดังกล่าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน จากโรงเรียนขามแก่นนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ผลการศึกษาพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 84.80/75.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 และมีดัชนีประสิทธิผลเท่ากับ 0.5367 หรือคิดเป็น 53.67% โดยนักเรียนมีระดับทักษะในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เฉลี่ยอยู่ที่ 79.1% จัดอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการจัดกิจกรรมสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมโดยรวมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66) ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยที่บูรณาการสื่อประสมสามารถส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านความเข้าใจ การคิดอย่างมีเหตุผล และทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้

นวลศรี ชำนาญกิจ และสมพร กองบุญมา (2558, น.73-83) ได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับผลของการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบ ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการ ได้แก่ การตรวจสอบจำนวนนักเรียนที่สามารถผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน และการวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้ภายหลังการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบที่กำหนด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบางลายพิทยาคม จังหวัดพิจิตร จำนวน 30 คน ที่ได้รับการคัดเลือกอย่างมีเจตนา ผลการวิจัยพบว่า ร้อยละ 86.66 ของนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สะท้อนถึงประสิทธิภาพของแนวทางการจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจนในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างชัดเจน ขณะเดียวกันยังพบความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับที่น่าพึงพอใจอีกด้วย ยิ่งไปกว่านั้น การจัดกิจกรรม

การเรียนรู้ที่เน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ด้วยการสร้างปฏิสัมพันธ์ทางวิชาการอย่างหลากหลาย อาทิ การทำใบงานและใบความรู้ การใช้บัตรจำนวน การตั้งคำถามแบบคู่สนทนา การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกลุ่ม ตลอดจนการนำเสนอผลการเรียนรู้ต่อหน้าชั้นเรียน ล้วนมีส่วนช่วยกระตุ้นทักษะการคิดขั้นสูงของผู้เรียนอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสรุปความรู้ ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยชิ้นนี้จึงเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ตอกย้ำว่า การบูรณาการการเรียนรู้แบบค้นพบร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เป็นแนวทางที่มีศักยภาพสูงในการส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ทั้งในมิติของผลสัมฤทธิ์และพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

ภควิ สุตสวณ (2563, น.92-96) ดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวัน เรื่อง “ความน่าจะเป็นเบื้องต้น” โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 34 คน จากโรงเรียนบ้านบางเตย จังหวัดสุราษฎร์ธานี รูปแบบการวิจัยที่ใช้คือ การทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังเรียน (One-Group Pretest-Posttest Design) เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จำนวน 30 ข้อ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าเทคนิค Jigsaw มีศักยภาพในการยกระดับการเรียนรู้ของนักเรียนในเนื้อหาคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะประเด็นที่ต้องการการวิเคราะห์และให้เหตุผลอย่างเป็นระบบ การจัดกลุ่มที่มีโครงสร้างชัดเจนช่วยให้นักเรียนตระหนักถึงบทบาทของตนภายในกลุ่ม ส่งเสริมความรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองและของกลุ่มอย่างชัดเจน อีกทั้งยังสนับสนุนให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอธิบายเนื้อหา และการทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างแท้จริงผ่านปฏิสัมพันธ์ในกลุ่ม

ณัฐญา นาคะสันต์ และชวณัฐ นาคะสันต์ (2559, น.160-179) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับ “เกม” ในฐานะเครื่องมือเพื่อการเรียนรู้ที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ โดยชี้ให้เห็นว่า แม้จุดประสงค์หลักของเกมจะถูกออกแบบมาเพื่อความบันเทิง แต่ด้วยบริบททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป รูปแบบของเกมได้พัฒนาจากกิจกรรมเฉพาะบุคคลหรือกลุ่มย่อยไปสู่ระบบที่มีความซับซ้อนและเชื่อมโยงในระดับสังคมมากขึ้น ทั้งในรูปแบบออฟไลน์และออนไลน์ แม้จะมีข้อวิตกกเกี่ยวกับผลกระทบของเกม เช่น พฤติกรรมเสพติดและปัญหาทางสังคม แต่ผู้วิจัยเสนอว่า หากมีการนำเกม

มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ภายใต้หลักการที่เหมาะสม โดยเฉพาะในลักษณะของ การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning: GBL) เกมจะสามารถกลายเป็นเครื่องมือที่ส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การใช้เกมในการจัดการเรียนรู้สามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีส่วนร่วม ความเท่าเทียม และความสนุกสนานในห้องเรียน อีกทั้งยังช่วยลดพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสม กระชับความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และส่งเสริมความภาคภูมิใจในตนเองของผู้เรียน นอกจากนี้ ผู้เรียนยังมีแนวโน้มที่จะเกิดความรู้สึกผูกพันกับกระบวนการเรียนรู้ในห้องเรียนมากขึ้น แทนการแสวงหาความบันเทิงจากเกมเพียงลำพัง จึงสามารถกล่าวได้ว่า เกมมีศักยภาพในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างเป็นระบบ หากถูกประยุกต์ใช้อย่างสร้างสรรค์และเหมาะสมกับบริบททางการศึกษา

กมลทิพย์ เกตุศรี, ชมนาด เชื้อสุวรรณทวิ และรุ่งทิพา แย้มรุ่ง (2565, น.101-104) ได้ดำเนินการศึกษาการใช้สื่อเรขาคณิตสามมิติร่วมกับภาพประกอบเป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยออกแบบสื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการสอนแบบ Cognitive Guided Instruction (CGI) ร่วมกับเทคนิคการนึกภาพ (Visualization) ซึ่งมีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นนามธรรมเข้ากับรูปธรรมผ่านวัตถุหรือภาพอย่างชัดเจน ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถถ่ายทอดแนวคิดและเหตุผลของตนเองได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ นอกจากนี้ การใช้สื่อดังกล่าวในกิจกรรมการเรียนรู้ยังช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในกระบวนการคิด วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันภายในกลุ่ม ซึ่งส่งผลต่อการพัฒนาทักษะด้านตรรกะและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในภาพรวม ผลการวิจัยระบุว่า กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้สื่อเรขาคณิตควบคู่กับแนวทาง CGI มีระดับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าสื่อเรขาคณิตดังกล่าวมิได้เพียงช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างทางเรขาคณิตเท่านั้น แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผล การอธิบายอย่างมีโครงสร้าง และการเข้าใจเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ในระดับลึกอีกด้วย

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Isabel Vale and Ana Barbosa (2023, pp.573-586) ได้ดำเนินการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) เพื่อส่งเสริมการสอนและการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในกลุ่มนักศึกษาครูระดับประถมศึกษา ซึ่งมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายของเด็กอายุระหว่าง 3 ถึง 12 ปี งานวิจัยนี้ได้นำกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความหลากหลายมาใช้ อาทิ การพับกระดาษเชิง

เรขาคณิต การเดินชมผลงานแบบแกลเลอรี และการจัดเส้นทางคณิตศาสตร์ในสถานที่จริง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งทางกาย จิตใจ และสังคมอย่างสมดุล ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมเหล่านี้ช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางปัญญาและสังคมของผู้เรียน อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ส่งผลให้ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้รับการพัฒนาในหลายมิติอย่างชัดเจน นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ภายใต้บรรยากาศที่ผ่อนคลายและปลอดภัย ยังส่งผลให้ผู้เรียนกล้าแสดงความคิด ทดลอง และสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างอิสระ กล่าวโดยสรุป งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มี ความยืดหยุ่นและหลากหลาย ซึ่งเมื่อดำเนินการภายใต้แนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social Constructivism) จะช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างมีโครงสร้าง และพัฒนาทักษะการให้เหตุผลของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์ได้อย่างลุ่มลึกและมีประสิทธิภาพ เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษา

Runisah, Herman, and Dahlan (2017, pp.87-96) ได้ดำเนินการศึกษาการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เข้ากับเทคนิคเมตาค็อกนิชัน เพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการวิจัยนี้ใช้รูปแบบกึ่งทดลอง (quasi-experimental design) แบ่งนักเรียนออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดกิจกรรมตามแนวทาง 5E ควบคู่กับการส่งเสริมกระบวนการสะท้อนคิด และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติทั่วไป เครื่องมือในการเก็บข้อมูลประกอบด้วยแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งออกแบบมาเพื่อประเมินพฤติกรรมด้านการอธิบาย การวิเคราะห์ข้อมูล และการประเมินเหตุผลอย่างมีระบบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยแนวทาง 5E ผสมผสานเมตาค็อกนิชันมีผลคะแนนด้านการคิด วิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ยังพบว่าเทคนิคเมตาค็อกนิชันมีบทบาทในการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการตระหนักรู้ในกระบวนการคิดของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การอธิบายอย่างมีเหตุผล การประเมินสถานการณ์อย่างมีตรรกะ และการตัดสินใจที่มีโครงสร้าง จากผลการศึกษานี้ สะท้อนให้เห็นว่า การออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้ อย่างเป็นระบบผ่านวัฏจักร 5E ประกอบกับการฝึกการคิดสะท้อนอย่างมีแบบแผนตามแนวทางเมตาค็อกนิชัน เป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงวิเคราะห์และการให้เหตุผลอย่างลึกซึ้งในวิชาคณิตศาสตร์ เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการนำไปปรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมัธยมศึกษาที่เน้นการพัฒนากกระบวนการคิดขั้นสูง

Cathy M. Mulryan (1995, pp.297-310) ได้ดำเนินการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือในรายวิชาคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 5-6 โดยให้ความสำคัญกับการจัดกลุ่มผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล ผลการศึกษาพบว่า การเรียนรู้ร่วมกันภายในกลุ่มมีส่วนสำคัญในการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างจริงจัง โดยเฉพาะการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการช่วยเหลือกันภายในกลุ่มเกิดขึ้นอย่างเป็นธรรมชาติ นักเรียนที่มีศักยภาพสูงสามารถปรับตัวต่อโครงสร้างการเรียนรู้แบบใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งแสดงบทบาทในการสนับสนุนการเรียนรู้ของเพื่อนร่วมกลุ่ม ขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถต่ำก็ได้รับการส่งเสริมให้เรียนรู้เนื้อหาได้ดีขึ้นภายในได้สภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาอย่างสมดุลทั้งในด้านความรู้และทักษะทางสังคม ผลการวิจัยของ Mulryan จึงชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) ที่ออกแบบให้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลภายในกลุ่ม มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาผู้เรียนในทั้งสองมิติ ได้แก่ ความรู้ทางวิชาการและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษา ที่การปลูกฝังทักษะเหล่านี้เป็นรากฐานของการเรียนรู้ตลอดชีวิต

Berna Canturk Gunhan (2014, pp.55-63) ได้ดำเนินการศึกษากรณีเพื่อประเมินทักษะการให้เหตุผลทางเรขาคณิตของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 6 คน จากโรงเรียนของรัฐในประเทศตุรกี โดยมุ่งสำรวจลักษณะของกระบวนการให้เหตุผลที่เกิดขึ้นขณะนักเรียนเผชิญกับโจทย์เรขาคณิต 6 ข้อ ผ่านการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพในช่วงปลายปีการศึกษา 2554-2555 เทคนิคการคิดออกเสียง (think-aloud protocol) ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือหลักในการเปิดเผยแนวคิดและกระบวนการคิดของผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนแสดงความสามารถในการให้เหตุผลในระดับที่แตกต่างกัน บางรายมีทักษะโดดเด่นในด้านการวิเคราะห์เงื่อนไข การเชื่อมโยงข้อมูล และการใช้เหตุผลแบบมีขั้นตอน ขณะที่บางรายสามารถอธิบายแนวคิดของตนเองได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบเมื่อมีโอกาสสะท้อนความคิดออกมาเป็นคำพูด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้เทคนิคคิดออกเสียงไม่เพียงช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนกระบวนการคิดของตนเองเท่านั้น แต่ยังเปิดโอกาสให้ครูสามารถเข้าใจโครงสร้างการคิดของผู้เรียนได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น ข้อค้นพบจากงานวิจัยนี้สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ (Constructivism) ที่เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทในการสร้างและถ่ายทอดความรู้ผ่านกระบวนการคิดและการสื่อสาร โดยเฉพาะในบริบทของเรขาคณิตที่การให้เหตุผลอย่างมีโครงสร้างเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมจึงควรคำนึงถึงการเปิดโอกาสให้นักเรียน

อธิบายแนวคิดด้วยวาจาและจัดการกับสถานการณ์ปัญหาจริง เพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Phuntsho and Gyeltshen (2022, p.1-12) ได้ดำเนินการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค Jigsaw ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในประเทศภูฏาน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธี Jigsaw กับกลุ่มที่เรียนตามแนวทางปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยประกอบด้วยนักเรียนระดับเกรด 9 จำนวน 62 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 31 คน และกลุ่มควบคุมอีก 31 คน โดยการทดลองใช้เวลา 5 สัปดาห์ ในระหว่างนั้นกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง Linear Equations ด้วยเทคนิค Jigsaw ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อศึกษาชิ้นส่วนของเนื้อหา ก่อนจะแลกเปลี่ยนและประมวลผลร่วมกันในกลุ่มหลัก ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนด้วยวิธีการทั่วไป ผลจากการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มที่ใช้เทคนิค Jigsaw มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองอยู่ที่ 23.76 คะแนน ขณะที่กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 19.05 คะแนน นอกจากนี้ นักเรียนในกลุ่มทดลองยังแสดงออกถึงเจตคติในเชิงบวกต่อรูปแบบการเรียนรู้ร่วมมือ และมีพฤติกรรมมีส่วนร่วมในการเรียนรู้สูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในด้านของการอธิบายแนวคิด การอภิปราย และการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ภายในกลุ่ม ผลการศึกษานี้จึงชี้ให้เห็นว่า การใช้เทคนิค Jigsaw มีศักยภาพในการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางวิชาการและทักษะการให้เหตุผลของผู้เรียน พร้อมทั้งสนับสนุนให้เกิดการมีส่วนร่วมอย่างจริงจัง ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง อีกทั้งยังเหมาะสมอย่างยิ่งในการประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ในบริบทของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา

Kiki Yuliani and Sahat Saragih (2015, p.116) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างสื่อการเรียนรู้ที่มีพื้นฐานจากแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนว (Guided Discovery Learning: GDL) โดยมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ (understanding concept) และพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ (critical thinking mathematically ability) ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนศาสนาอิสลาม การวิจัยใช้รูปแบบ R&D โดยอิงกระบวนการ 4 ขั้นตอนตามโมเดล 4-D ได้แก่ การนิยาม (Define) การออกแบบ (Design) การพัฒนา (Develop) และการเผยแพร่ (Disseminate) ซึ่งประกอบด้วยสองระยะหลัก ได้แก่ การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ และการทดลองใช้

กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากโรงเรียน MTs ในเมืองเมดาน ประเทศอินโดนีเซีย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งในด้านความสำเร็จของผู้เรียนในระดับชั้นเรียน การบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และประสิทธิภาพด้านเวลา นอกจากนี้ นักเรียนมีพัฒนาการอย่างชัดเจนในด้านแนวคิดความเข้าใจและการคิดเชิงวิจรรณญาณทางคณิตศาสตร์ อีกทั้งการตอบสนองของนักเรียนต่อกิจกรรมและองค์ประกอบของสื่อก็อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยเฉพาะในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่สะท้อนให้เห็นถึงการใช้เหตุผลที่หลากหลายและมีคุณภาพยิ่งขึ้น จากผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวทาง GDL มีศักยภาพในการส่งเสริมความเข้าใจเชิงลึกและพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อครูสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับบริบทในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบในวิชาคณิตศาสตร์

Erika Debrenti (2024, pp.1-7) ได้วิเคราะห์ประสพการณ์และแนวทางการนำการเรียนรู้แบบใช้เกม (Game-Based Learning: GBL) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา ผ่านการทบทวนวรรณกรรมเชิงระบบที่ครอบคลุมงานวิจัยระหว่างปี 2013–2023 ในฐานข้อมูล Scopus และ ERIC จุดมุ่งหมายหลักคือการสำรวจลักษณะของการประยุกต์ใช้ GBL ในบริบทของห้องเรียนจริง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า GBL มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมทักษะที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (mathematical reasoning) ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การใช้เหตุผลเชิงตรรกะ และการเรียนรู้ร่วมกัน โดยกิจกรรมที่ออกแบบในลักษณะของเกมสามารถกระตุ้นความสนใจ เพิ่มแรงจูงใจ และส่งเสริมความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีส่วนในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการทำงานเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะสนับสนุนที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างเป็นระบบและมีเหตุผล

การศึกษาเน้นย้ำถึงความสำคัญของการออกแบบเกมให้เหมาะสมกับระดับวัยและเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเกมที่กระตุ้นการคิดเชิงเปรียบเทียบ การจัดกลุ่ม การให้เหตุผล และการตัดสินใจ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อพัฒนาการด้านการใช้เหตุผลของผู้เรียน นอกจากนี้ GBL ยังสามารถเสริมประสิทธิภาพได้มากยิ่งขึ้นเมื่อผสานเข้ากับแนวทางการเรียนรู้แบบอื่น เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-Based Learning) หรือการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) โดยสรุป บทความนี้เสนอแนะให้มีการบูรณาการ GBL เข้าเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาอย่างเป็นระบบ เนื่องจากสามารถช่วย

ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน พร้อมทั้งสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีความหมาย สนุกสนาน และกระตุ้นการมีส่วนร่วมได้อย่างยั่งยืน

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุกและการประยุกต์ใช้เทคนิคการสอนหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนตามแนวทาง 5E การเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) ตลอดจนการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning: GBL) ล้วนส่งผลในทางบวกต่อการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน โดยเฉพาะในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา

กิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในกระบวนการเรียนรู้ เช่น การสังเกต วิเคราะห์ อธิบาย สังเคราะห์ และอภิปรายร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดเชิงวิพากษ์อย่างเป็นระบบ หลายงานวิจัยยังพบว่า การเรียนรู้ที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน เช่น การทำงานกลุ่มแบบร่วมมือหรือการใช้เกมในบทเรียน ช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ ลดความตึงเครียด และเสริมสร้างสัมพันธภาพในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขณะเดียวกัน การออกแบบกิจกรรมที่คำนึงถึงหลักจิตวิทยาการเรียนรู้และพฤติกรรมของผู้เรียน มีบทบาทในการเสริมสร้างแรงจูงใจ ความมั่นใจ และความพึงพอใจในการเรียน โดยเฉพาะกิจกรรมที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์จริงหรือใช้สื่อการเรียนรู้ที่จับต้องได้ เช่น สื่อเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมได้ง่ายขึ้น และสามารถแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นหรือสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผลร่วมกันในกลุ่มเรียนรู้

โดยสรุป การพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพควรดำเนินควบคู่กับการออกแบบกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างหลากหลาย และผสมผสานเทคนิคการสอนกับสื่อที่เหมาะสมต่อระดับชั้นและเนื้อหา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้สื่อเรขาคณิตควบคู่กับกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์จะช่วยส่งเสริมการคิดวิเคราะห์อย่างลึกซึ้ง มีโครงสร้าง และเป็นระบบ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลอย่างยั่งยืน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจะนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้ในการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในการประเมินพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 2 ระยะ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.1 การกำหนดกลุ่มนําร่องที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพเครื่องมือ

กลุ่มนําร่อง เป็นกลุ่มที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสาม เป็นนักเรียนจำนวน 1 ห้อง ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 22 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยมีประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) จำนวน 2 ห้อง และเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) แล้วพิจารณาจากคะแนนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2565 แล้วแบ่งเป็นควอไทล์ที่ 1 ถึง ควอไทล์ที่ 3 ($Q_1 - Q_3$) จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูงคือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า Q_3 กลุ่มที่

อยู่ในระดับปานกลางคือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ Q_1 ถึง Q_3 และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำคือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า Q_1 โดยให้นักเรียนในการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ดังนี้

1.1.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคลโดยให้นักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ โดยสุ่มนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.1.2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยโดยให้นักเรียนจำนวน 8 คน (กลุ่มละ 4 คน) ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ นำมาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนที่ได้จากการเลือกในข้อ 1.1.1 เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.1.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนามโดยให้นักเรียนจำนวน 11 คน (กลุ่มละ 4 คน จำนวน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 3 คน จำนวน 1 กลุ่ม) ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 1 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนที่ได้จากการเลือกในข้อ 1.1 และ 1.2 เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถามหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.2 การกำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมอีก 3 ส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการกำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ (a) การศึกษาความเกี่ยวข้องของสาระการเรียนรู้การวัดและเรขาคณิตในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (b) ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของรูปเรขาคณิตสามมิติและการ

สัมภาษณ์นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่ผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้ว (สัมภาษณ์เกี่ยวกับลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ บทบาทของนักเรียน และบทบาทของครูในความคิดเห็นของนักเรียน) และ (c) กรอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ Karl Josef Klauer เพื่อแสวงหาแนวทางในการพัฒนา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยได้ทำการ วิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองส่วนดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

a) กรอบแนวคิดของกำหนดขอบเขตเนื้อหาสาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและ ปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติของงานวิจัย

สำหรับขอบเขตของเนื้อหาสาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิต สามมิติของงานวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลของ “สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิต” ของ นักเรียนไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนด ขอบเขตของเนื้อหาสาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติสำหรับงานวิจัย โดย สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระดังกล่าว ประกอบด้วย พื้นที่ ปริมาตรและความจุ หน่วยวัดระบบต่าง ๆ การคาดคะเนเกี่ยวกับการวัด รูปเรขาคณิตและสมบัติ ของรูปเรขาคณิต การนิยาม และการนำความรู้เกี่ยวกับการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในสถานการณ์ ต่าง ๆ รวมถึงมาตรฐานการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องเนื้อหาสาระดังกล่าว ประกอบด้วยมาตรฐาน ค. 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด และนำไปใช้ และ มาตรฐาน ค. 2.2 เข้าใจและวิเคราะห์รูปเรขาคณิต สมบัติของรูปเรขาคณิตความสัมพันธ์ระหว่าง รูปเรขาคณิต และทฤษฎีบททางเรขาคณิต และนำไปใช้ โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับตัวชี้วัดของ สาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตและคุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น ดังตาราง 14 และตาราง 15 ดังนี้

ตาราง 14 ตัวชี้วัดของสาระที่ 2 การวัดและเรขาคณิตที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตของเนื้อหา
สาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติสำหรับงานวิจัย

ระดับประถมศึกษาตอนต้น	ระดับประถมศึกษาตอนปลาย	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
ค 2.1 ป.2/6 วัดและ เปรียบเทียบปริมาตรและ ความจุเป็นลิตร	ค 2.1 ป.4/3 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับความยาวรอบรูปและ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก	ค 2.1 ม.2/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้ เรื่องพื้นที่ผิวของปริซึม และทรงกระบอกในการ แก้ปัญหา
ค 2.1 ป.3/11 เลือกใช้เครื่อง ตวงที่เหมาะสมวัดและ เปรียบเทียบปริมาตรความจุ เป็นลิตรและมิลลิลิตร	ค 2.1 ป.5/3 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับปริมาตรของทรง สี่เหลี่ยมมุมฉากและความจุ ของภาชนะทรงสี่เหลี่ยม มุมฉาก	ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้ เรื่องปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอกในการ แก้ปัญหา
ค 2.1 ป.3/12 คัดคะเน ปริมาตรและความจุเป็นลิตร	ค 2.1 ป.5/4 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาวรอบรูปของ รูปสี่เหลี่ยม และพื้นที่ของรูป สี่เหลี่ยมด้านขนาน และรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน	ค 2.1 ม.2/2 ประยุกต์ใช้ ความรู้ เรื่องปริมาตรของปริซึม และทรงกระบอกในการ แก้ปัญหา
ค 2.1 ป.3/13 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับปริมาตรและความจุที่ มีหน่วยเป็นลิตรและมิลลิลิตร	ค 2.2 ป.1/1 จำแนกรูป สามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม วงกลม วงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรง กลม ทรงกระบอก และกรวย	ค 2.1 ม.3/1 ประยุกต์ใช้ ความรู้ เรื่องพื้นที่ผิวของพีระมิด กรวย และทรงกลมในการแก้ปัญหา คณิตศาสตร์และปัญหาใน ชีวิตจริง
	ค 2.1 ป.6/1 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับปริมาตรของรูป เรขาคณิตสามมิติที่ ประกอบด้วยทรงสี่เหลี่ยมมุม ฉาก	ค 2.1 ม.3/2 ประยุกต์ใช้ความรู้ เรื่องปริมาตรของ

ตาราง 14 (ต่อ)

ระดับประถมศึกษาตอนต้น	ระดับประถมศึกษาตอนปลาย	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
	ค 2.2 ป.6/3 บอกลักษณะของ รูปเรขาคณิตสามมิติชนิดต่าง ๆ	พีระมิด กรวย และทรงกลมใน การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และ ปัญหาในชีวิตจริง
	ค 2.2 ป.6/4 ระบุรูปเรขาคณิต สามมิติที่ประกอบจากรูปคลี่ และระบุรูปคลี่ของรูป เรขาคณิตสามมิติ	ค 2.2 ม.1/2 เข้าใจและใช้ ความรู้ ทางเรขาคณิตในการวิเคราะห์ หา
	ค 2.1 ป.6/2 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับความยาวรอบรูปและ พื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยม	ความสัมพันธ์ระหว่างรูป เรขาคณิตสองมิติและรูป เรขาคณิตสามมิติ
	ค 2.1 ป.6/3 แสดงวิธีหา คำตอบของโจทย์ปัญหา เกี่ยวกับ ความยาวรอบรูป และพื้นที่ของวงกลม	
	ค 2.2 ป.5/4 บอกลักษณะของ ปริซึม	
	ค 2.2 ป.6/3 บอกลักษณะของ รูปเรขาคณิตสามมิติชนิดต่าง ๆ	
	ค 2.2 ป.6/4 ระบุรูปเรขาคณิต สามมิติที่ประกอบจากรูปคลี่ และระบุรูปคลี่ของรูป เรขาคณิตสามมิติ	

ตาราง 15 คุณภาพผู้เรียนที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาสาระ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติสำหรับงานวิจัย

จบประถมศึกษาปีที่ 3	จบประถมศึกษาปีที่ 6	จบมัธยมศึกษาปีที่ 3
☺ คาดคะเนและวัดความยาว น้ำหนัก ปริมาตร ความจุ เลือกใช้เครื่องมือและหน่วยที่เหมาะสม บอกเวลา บอกจำนวนเงิน และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ	☺ มีความสามารถในการอธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิต การคำนวณความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปเรขาคณิต การสร้างรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม รวมถึงการหาปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้เหล่านี้ในการแก้ปัญหาในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	☺ มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ พร้อมทั้งสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างรูปเรขาคณิตทั้งสองประเภทได้อย่างเหมาะสม
☺ จำแนกและบอกลักษณะของรูปหลายเหลี่ยม วงกลม วงรี ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ทรงกลม ทรงกระบอกและกรวย เขียนรูปหลายเหลี่ยม วงกลม และวงรีโดยใช้แบบของรูประนาบรูปเรขาคณิตที่มีแกนสมมาตรและจำนวนแกนสมมาตร และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ	☺ มีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้นี้ในการแก้ปัญหาในบริบทของชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ	

จากตาราง 14 และตาราง 15 จะเห็นได้ว่า เมื่อพิจารณาคุณภาพของผู้เรียนเมื่อเรียนจบชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ในภาพรวมนั้น รวมกับตัวชี้วัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) พบว่า ผู้เรียนสามารถคาดคะเนและวัดปริมาตร ความจุ จำแนกและบอกลักษณะจนไปถึงการอธิบายลักษณะและสมบัติของรูปเรขาคณิต หากความยาวรอบรูปและพื้นที่ของรูปเรขาคณิต รวมถึงมีพื้นฐานในการหาปริมาตรและความจุของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเมื่อพิจารณาความสามารถดังกล่าวจะเห็นได้ว่าผู้เรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีพื้นฐานความรู้ที่สามารถที่จะศึกษาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร

ของปริซึม ทรงกระบอก พีระมิด กรวย และทรงกลม ซึ่งเป็นเนื้อหาสาระเรขาคณิตของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รวมถึงการนำความรู้เรื่องดังกล่าวไปใช้ โดยผู้วิจัยจะต้องพิจารณาเนื้อหาสาระที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 รวมถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมที่จะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยให้ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ และสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

b) ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติและการสัมภาษณ์นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่ผ่านการเรียน เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติมาแล้ว

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติโดยดัดแปลงข้อคำถามมาจาก รุ่งฟ้า จันทจักรภรณ์ (Rungfa Janjaruporn, 2005, pp.127-130) จิตติมา ชอบเอียด (จิตติมา ชอบเอียด, 2561, น.97-98) และภคพล สำราญ (ภคพล สำราญ, 2564, น.147) โดยมีเกณฑ์ในการแปลความหมายระดับคะแนนของความคิดเห็นดังนี้

- คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 4.51 – 5.00 จัดอยู่ในระดับ ดีมาก
- คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 – 4.50 จัดอยู่ในระดับ ดี
- คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 2.51 – 3.50 จัดอยู่ในระดับ ปานกลาง
- คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.51 – 2.50 จัดอยู่ในระดับ น้อย
- คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.00 – 1.50 จัดอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ในแต่ละข้อมีรายละเอียดดังตาราง 16

ตาราง 16 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ

ข้อ	คำถาม	ระดับคะแนน		
1	กิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนได้เคยเรียนผ่านมา มีลักษณะของกิจกรรมที่ส่งเสริมความสนใจและจูงใจให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ	3.00	1.20	ระดับปานกลาง
2	กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียนผ่านมา มีการออกแบบให้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างหลากหลาย อันส่งเสริมการมีส่วนร่วมและการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล	3.10	0.82	ระดับปานกลาง
3	กิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ได้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะการให้เหตุผล โดยเปิดโอกาสให้อธิบายความคิด สังเกต และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่กำหนด	2.70	1.07	ระดับน้อย
4	กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีลักษณะส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง แทนการรับความรู้จากครูโดยตรง	2.30	0.88	ระดับน้อย
5	กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีการจัดกิจกรรมในรูปแบบที่หลากหลาย เพื่อส่งเสริมความเข้าใจและความสนใจของผู้เรียนในเนื้อหา	2.20	0.67	ระดับน้อย

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อ	คำถาม			ระดับคะแนน
6	กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันในชั้นเรียน	2.10	0.99	ระดับน้อย
7	กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีการจัดกิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วม การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และการอภิปรายจากสมาชิกทุกคนภายในกลุ่มเพื่อร่วมกันหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมร่วมกัน	1.60	0.82	ระดับน้อย
8	กิจกรรมการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีการจัดกิจกรรมกลุ่มที่ส่งเสริมทักษะการทำงานร่วมกัน โดยมอบหมายบทบาทหน้าที่ เช่น หัวหน้ากลุ่ม รองหัวหน้า เลขานุการ รวมถึงมีการหมุนเวียนบทบาทในการนำเสนองานเพื่อให้นักเรียนเรียนรู้ความรับผิดชอบและพัฒนาทักษะการสื่อสารอย่างรอบด้าน	1.80	0.69	ระดับน้อย
9	สื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนเคยเรียน มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเรียนรู้และช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น	3.20	1.25	ระดับปานกลาง
10	ในการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สื่อการเรียนรู้ที่ใช้มีส่วนช่วยเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียน โดยเริ่มจากการใช้สื่อรูปธรรม เช่น วัสดุหรือโมเดลจริง จากนั้นจึงพัฒนาไปสู่สื่อในรูปภาพและสุดท้ายจึงใช้สื่อนามธรรม เช่น สัญลักษณ์หรือสูตรทางคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจอย่างเป็นระบบ	2.40	1.26	ระดับน้อย
ภาพรวมของแบบสอบถามทั้งฉบับ		2.35	0.18	ระดับน้อย

จากตาราง 16 เมื่อพิจารณาความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่เคยได้เรียน ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.35 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.18 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความคิดเห็นต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในเรื่องดังกล่าวในส่วนของความน่าสนใจและมีความหลากหลายรูปแบบ เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการใช้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ด้วยตนเอง มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในห้องเรียนระหว่างนักเรียน มีกิจกรรมกลุ่มที่ให้นักเรียนในกลุ่มได้ช่วยเหลือซึ่งกันและมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเพื่อหาข้อสรุปจากการทำกิจกรรมภายในกลุ่ม รวมถึงมีสื่อการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม (ของจริง) ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวที่เคยได้เรียนในอยู่ในระดับน้อย สอดคล้องกับบทสัมภาษณ์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่เคยเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้ว โดยนักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้ (1) กิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองควรมีลักษณะที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเองโดยครูมีบทบาทเป็นผู้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในกรณีที่จำเป็นเท่านั้น มีกิจกรรมกลุ่มที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำงานร่วมกันช่วยเหลือกันให้คำแนะนำซึ่งกันและกัน ลักษณะของเพื่อนช่วยเพื่อน เพราะนักเรียนจะมีภาษาในการสื่อสารและเข้าใจกันตามวัยของตนเอง และอาจเข้าใจได้มากขึ้นนอกเหนือจากภาษาที่ครูใช้อธิบาย (2) ครูควรใช้สื่อการเรียนรู้เป็นสื่อการเรียนรู้ของจริงหรืออาจเป็นสิ่งของในชีวิตประจำวัน เนื่องจากนักเรียนมีความคุ้นเคย สามารถเชื่อมโยงสถานการณ์ในชีวิตประจำวันกับความรู้ในเรื่องดังกล่าวและสามารถนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน (3) นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยใช้การสังเกตและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในการหาข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ เพื่อค้นพบลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ สูตรในการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติด้วยตนเอง (4) ในกรณีที่ครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองเพื่อให้นักเรียนสามารถค้นพบข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ได้ด้วยตนเองโดยครูผู้สอนมีบทบาทเป็นเพียงผู้แนะนำนักเรียนในเพียงบางส่วนเท่านั้น ครูควรคำนึงถึงความพร้อมของนักเรียนทุกคน โดยครูอาจต้องเตรียมความรู้พื้นฐานในการเรียนเรื่องดังกล่าวให้กับนักเรียนก่อนที่จะทำ

กิจกรรม เพื่อให้นักเรียนมีความพร้อมและเกิดความรู้สึกรักมั่นในตนเองและพร้อมที่จะเรียนรู้เรื่องดังกล่าวด้วยตนเอง

c) กรอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ Karl Josef Klauer และ กระบวนการอุปนัยของ Constantinos Christou and Eleni Papageorgiou

ตาราง 17 ทฤษฎีกลุ่มการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ Karl Josef Klauer

คุณลักษณะ		ความสัมพันธ์	
รายการกลุ่ม	รายการประเภท	รายการกลุ่ม	รายการประเภท
ความคล้ายคลึง	ลักษณะทั่วไป	● การจัดกลุ่ม	● ลำดับของอนุกรม
		● การขยายกลุ่ม	● อนุกรมสมบูรณ์
	● การค้นหาคุณลักษณะทั่วไป		● การเปรียบเทียบอย่างง่าย
ความแตกต่าง	การแบ่งแยก	● การระบุความผิดปกติ	● การรวบรวมอนุกรม
ความคล้ายคลึงและความแตกต่าง	การจำแนกไขว้	● การเชื่อมโยงรูปภาพ	● การเชื่อมโยงรูปภาพด้วยการเปรียบเทียบที่ซับซ้อน

ตาราง 18 กระบวนการอุปนัยของความคล้ายคลึง ความแตกต่าง และการบูรณาการของ
Constantinos Christou and Eleni Papageorgiou

สร้าง	ระดับ 1: คุณลักษณะ	ระดับ 2: ความสัมพันธ์
ความคล้ายคลึง	การรู้คิดของคุณลักษณะทั่วไป:	การรู้คิดความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์:
	ค้นหาคุณลักษณะที่เหมือนกันระหว่างจำนวนหรือรูปร่าง	รู้คิดความสัมพันธ์ที่มีอยู่ระหว่างคู่ของรูปร่างลักษณะหรือจำนวนและทดสอบในคู่ถัดไป
	เลือกจำนวนหรือรูปร่างที่เป็นของกลุ่มจำนวนหรือรูปร่างที่ใช้คุณลักษณะร่วมกัน	ทำชุดอนุกรมให้สมบูรณ์
	เปรียบเทียบคุณลักษณะของจำนวนหรือรูปร่างโดยจับคู่กับจำนวนหรือรูปร่างอื่น ๆ ที่เป็นไปตามคุณลักษณะเดียวกัน	แก้ปัญหการเปรียบเทียบ
ความแตกต่าง	การรู้คิดความแตกต่างในคุณลักษณะ:	การรู้คิดความแตกต่างในความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์
	ค้นหาความแตกต่างระหว่างจำนวนหรือรูปร่างที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ	จัดลำดับจำนวนของชุดใหม่เพื่อกำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการ
		ไม่รวมจำนวนหนึ่งตัวเพื่อให้จำนวนที่เหลือมีรูปแบบความสัมพันธ์เดียวกัน
การบูรณาการ	การรู้คิดคุณลักษณะตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป	การรู้คิดความสัมพันธ์ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป
	พิจารณาคคุณลักษณะตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปพร้อมกัน	พิจารณาคคุณสมบัติตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปพร้อมกัน

จากตาราง 17 และตาราง 18 เมื่อทำการวิเคราะห์ทฤษฎีกลุ่มการให้เหตุผลแบบอุปนัยของ Klauer ร่วมกับกระบวนการอุปนัยของความคล้ายคลึง ความแตกต่าง และการบูรณาการของ Constantinos Christou and Eleni Papageorgiou พบว่า กระบวนการให้เหตุผล

แบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต ในส่วนของความคล้ายคลึงในระดับคุณลักษณะแสดงถึง การรู้คิดของคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ 1) การค้นหาคุณลักษณะที่เหมือนกันระหว่างรูปร่าง การ เลือกรูปร่างที่เป็นของกลุ่มหรือรูปร่างที่ใช้คุณลักษณะร่วมกัน และการเปรียบเทียบคุณลักษณะ ของรูปร่างโดยจับคู่กับรูปร่างอื่น ๆ ที่เป็นไปตามคุณลักษณะเดียวกัน และ ในส่วนของความ แตกต่างในระดับคุณลักษณะแสดงถึงการรู้คิดความแตกต่างในคุณลักษณะคือ การค้นหาความ แตกต่างระหว่างรูปร่างที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะ และในส่วนของกระบวนการในระดับคุณลักษณะ แสดงถึงการรู้คิดคุณลักษณะตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป คือ การพิจารณาคุณลักษณะตั้งแต่สองอย่าง ขึ้นไปพร้อมกัน ในขณะที่ในส่วนของของความคล้ายคลึงในระดับความสัมพันธ์แสดงถึงการรู้คิด ของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์คือ การรู้คิดความสัมพันธ์ที่มีอยู่ระหว่างคู่ของรูปร่างลักษณะ และทดสอบในคู่ถัดไป

ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้น มาพิจารณาการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวน การจัดการ เรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และการจัดการเรียน แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW อีกทั้งยังทำการศึกษารอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อศึกษาลักษณะการให้เหตุผลแบบอุปนัย อันจะเป็นแนวทางการประเมินผลมากำหนดกรอบ แนวคิดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1.2.1 จุดมุ่งหมายของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้าง ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิต สามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจุดมุ่งหมายหลัก คือ เพื่อเสริมสร้างความสามารถและศึกษาพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน ชั้น ประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสาม โดยก่อนเริ่มการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ในคาบที่ 1-2 ครูอธิบายความหมายของคำว่า “ข้อความคาดการณ์” ให้นักเรียนทราบ โดยข้อความคาดการณ์ เป็นข้อสรุปหรือข้อเท็จจริงที่น่าเชื่อถือที่ได้จากกระบวนการในการอธิบาย เหตุผลที่ได้สังเกตจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหา ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ เพื่อให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเขียน ข้อความคาดการณ์ โดยมีรายละเอียด ๆ ดังนี้

a) **กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E** ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้จากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยและตำราทางวิชาการของ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) และ (Bybee et al., 2006) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน** ครูจัดกิจกรรมโดยใช้เกม สื่อบุคคลอุปกรณ์ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม รวมกับการตั้งคำถามสร้างสถานการณ์/ปัญหาที่น่าสนใจที่จะกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด เกิดความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น และตั้งคำถาม จากนั้นครูดำเนินการสอนบททบทวนเนื้อหาสาระเดิมเพื่อเป็นการปูพื้นฐานเกี่ยวกับบทเรียน

2. **ขั้นสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล** ส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนทำงานร่วมกัน (กระบวนการกลุ่ม) ลงมือปฏิบัติกับสื่อการเรียนรู้ เพื่อศึกษาค้นหาความสัมพันธ์ข้อมูลผ่านการสังเกต แล้วทำการบันทึกข้อมูลที่ได้ โดยครูสังเกตและฟังการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของนักเรียน เมื่อมีปฏิสัมพันธ์กัน ชักถามนำเพื่อให้ นักเรียนคิดและสืบค้น รวมทั้งทำหน้าที่ช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแก่นักเรียนในหน้าที่จำเป็น

3. **ขั้นอธิบายและเขียนข้อความคาดการณ์** ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้ คำจำกัดความ (ข้อความคาดการณ์) ด้วยคำพูดหรือการเขียนของนักเรียนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผล และอธิบายให้ กระจ่างชัด พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อหาข้อสรุป

4. **ขั้นขยายความรู้** ส่งเสริมให้นักเรียนนำคำอธิบาย (ข้อความคาดการณ์) สิ่งที่ยืนยันมาแล้ว โดยให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่

5. **ขั้นประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย** ครูประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน ว่านักเรียนมี ความรู้ อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ซึ่งมีทั้งการประเมินการเรียนรู้ การปฏิบัติกิจกรรม ในแต่ละขั้นตอน ซึ่งจะทดสอบนักเรียนเป็นรายบุคคล

b) **กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW** ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้จากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยและตำราทางวิชาการของ Steinbrink and Stahl, 1994, p.138; สุวิทย์ มูลคำ, 2545, น.178-180 และ ทิศนา แหมมณี, 2556, น. 65 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นทบทวนความรู้เดิมและเตรียมเนื้อหาใหม่ (Old & New)

1.1 ทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นพื้นฐานที่จะใช้ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียน

1.2 ครูจัดเตรียมเนื้อหาสาระใหม่ (ใบกิจกรรม) ที่จะให้นักเรียนได้เรียนรู้ โดยแบ่งเนื้อหาเรียนออกเป็นหัวข้อย่อยเท่ากับจำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม โดยจะแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คนและแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน เนื่องจากต้องการให้นักเรียนสังเกตกรณีย่อย ๆ อย่างน้อย 3 หัวข้อย่อย (เช่น การหาพื้นที่ผิวของปริซึม แบ่งเนื้อหาเป็นกลุ่มที่ 1 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมสามเหลี่ยม กลุ่มที่ 2 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมสี่เหลี่ยม และกลุ่มที่ 3 การหาพื้นที่ผิวของปริซึมหกเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น)

2. ขั้นแบ่งกลุ่มบ้าน (Home)

2.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนให้มีสมาชิกที่มีความสามารถคละกัน เก่ง 2 คน ปานกลาง 2 คน และอ่อน 2 คน เป็นกลุ่มบ้าน (Home Groups) จำนวนสมาชิกในกลุ่มมี 6 คน

2.2 ครูแจกใบกิจกรรม พร้อมกับสื่อการเรียนรู้ให้กลุ่มละ 1 ชุด ทุกกลุ่มจะศึกษาเนื้อหาเดียวกัน

2.3 ให้สมาชิกในกลุ่มแต่ละคู่รับผิดชอบศึกษาหัวข้อย่อยตามความสนใจ (ควรวินให้นักเรียนจับคู่แบบเพื่อนช่วยเพื่อน (เก่งอ่อน)) คำนวณค่าละ 1 ส่วน ซึ่งหากครูแจกเอกสารให้กลุ่มละ 1 ชุด นักเรียนแบ่งเอกสารออกเป็นส่วน ๆ ตามหัวข้อย่อย เช่น แบ่งสมาชิกออกเป็นกลุ่มละ 6 คน ครอบคลุมหมายงานดังนี้

สมาชิกคู่ที่ 1 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 1

สมาชิกคู่ที่ 2 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 2

สมาชิกคู่ที่ 3 ของแต่ละกลุ่มรับผิดชอบอ่าน ศึกษาเฉพาะหัวข้อย่อยที่ 3

3. ขั้นกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert)

3.1 สมาชิกคู่ที่ทำหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคู่จะออกจากกลุ่มบ้าน (Home) ไปจับกลุ่มใหม่เพื่อทำการศึกษาเอกสารเพิ่มเติม ในส่วนที่คู่ตนเองสนใจ โดยสมาชิก

ที่ได้รับมอบหมายให้ศึกษาหัวข้อย่อยเดียวกันจะไปนั่งรวมกลุ่มกันกลุ่มละ 6 คน หรือตามจำนวนที่ครูกำหนด

3.2 สมาชิกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญแต่ละกลุ่มจะอ่านเอกสาร ศึกษาสรุปเนื้อหาสาระ (ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล) จัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอ และเตรียมนำไปสอนให้ความรู้แก่สมาชิกในกลุ่มบ้าน (Home) ของตนเองในขั้นนี้ครูจะต้องดูแล เอาใจใส่เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ ช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด

4. ขั้นเสนอความรู้ (Share)

4.1 ผู้เชี่ยวชาญของแต่ละกลุ่มกลับบ้านของตนแล้วผลิตเปลี่ยนหมุนเวียนกันอธิบายให้ความรู้เพื่อนสมาชิกในกลุ่มที่ละคู่จนครบ มีการซักถามข้อสงสัย ตอบปัญหา ทบทวนให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน

4.2 ครูทบทวนความหมายของคำว่า “ข้อความคาดการณ์” ให้นักเรียนทบทวนอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มเขียนข้อความคาดการณ์ลงในใบกิจกรรม

4.3 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มส่งใบกิจกรรมที่เขียนข้อความคาดการณ์แล้ว จากนั้นครูตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เขียน และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อความคาดการณ์ที่ได้ไม่สมบูรณ์ครบถ้วนเพื่อนักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

5. ขั้นทดสอบความรู้ (Check)

5.1 ครูให้นักเรียนแต่ละคนทำการทดสอบเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ที่ครอบคลุมทุกหัวข้อที่เรียนรู้ แล้วนำคะแนนของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มมารวมกันเป็นคะแนนของกลุ่ม

5.2 ครูให้นักเรียนทุกคนทำแบบทดสอบในใบกิจกรรม เพื่อตรวจความเข้าใจของนักเรียนทุกคน โดยครูให้นักเรียนทำทุกคน โดยนักเรียนที่ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะถือว่าผ่าน และถ้ากลุ่มใดที่นักเรียนผ่านทุกคนจะถือว่าเป็นกลุ่มดีเลิศ

c) **กิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทาง** สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบโดยการแนะแนวทางของของสไตน์เบิร์ก และสตาล (Steinbrink และ Stahl, 1994, p.138) ร่วมกับ สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ (2545a, น.178-180) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้นดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหา ครูกระตุ้น ดึงดูดความสนใจของนักเรียนโดยใช้การจำลองปัญหาที่ใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับตัวนักเรียนและใช้คำถามในการ

นักเรียนได้คิดและวิเคราะห์ปัญหา และให้คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ด้วยตนเอง

ขั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา นักเรียนคิดวิธีแก้ปัญหาที่ครูจำลองขึ้นด้วย ตามเงื่อนไขในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนด (เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้ตามเป้าหมายตามที่ครูกำหนด) จากนั้นให้นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นรวบรวมข้อมูลหาความสัมพันธ์ นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามวิธีการที่ตนเองได้นำเสนอ โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่ครูเตรียมไว้ให้พร้อมสังเกตหารวบรวมข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นวิเคราะห์และตีความข้อมูล นักเรียนหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์ นักเรียนนำความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้มาเขียนข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์)

ขั้นนำข้อความคาดการณ์ไปใช้ นักเรียนนำข้อความคาดการณ์ที่ได้ไปใช้ตอบคำถามในใบตรวจสอบความรู้

d) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน สำหรับในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานของ ทิศนา ขัมมณี (2558, น.365-366) สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, น.93) และ กุลิศรา จิตรขญาวัฒน์ และ เกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ (2563, น.80-83) เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีลักษณะในการดำเนินการแต่ละขั้นดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอเกม ชี้แจงวิธีการ และกติกาการเล่น ครูสร้างเกมที่เล่นกันเป็นกลุ่มที่สมาชิกทุกคนในกลุ่มต้องช่วยกันใช้การสังเกตหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือของกลุ่ม

ขั้นที่ 2 ขั้นเล่นเกมตามกติกา ครูให้นักเรียนเล่นเกมตามกติกาเพื่อสังเกตค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อยที่ได้จากสมาชิกทุกคนเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์)

ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายผลการเล่นเกม นักเรียนเขียนความรู้ในรูปของข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ที่ได้จากการเล่นเกม

ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ นักเรียนนำข้อความคาดการณ์ไปตอบคำถามในใบตรวจสอบความรู้

1.2.2 ขอบเขตของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้ นักเรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการสืบสวนสอบสวนผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E กระบวนการเรียนรู้แบบร่วมมือผ่านการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยเทคนิค JIGSAW กระบวนการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง และกระบวนการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน สืบเปลี่ยนหมุนเวียนกันไป โดยกระบวนการเรียนรู้ทั้งหมดจะส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยทั้ง 2 ด้าน คือ ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และด้านการเขียนข้อความคาดการณ์

1.3 การกำหนดแนวทางการบูรณาการกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผล

จากการวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E วิธีที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบด้วยเทคนิค Jigsaw วิธีที่ 3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง และวิธีที่ 4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ต่างมีจุดเด่นที่เสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลแบบอุปนัย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดกิจกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกทั้ง 4 วิธีหมุนเวียนในแต่ละเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบข้อสรุป และการสังเคราะห์องค์ความรู้ตามลำดับอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้มีงานวิจัยของ Kevin A Nguyen et al. (2021, p.1-16) ได้ศึกษากลยุทธ์ของครูในการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบเชิงรุก (Active Learning) ไปใช้ในห้องเรียนผ่านการวิเคราะห์งานวิจัยเชิงระบบ (systematic literature review) จำนวนทั้งสิ้น 86 เรื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและจำแนกกลยุทธ์ที่ช่วยให้ครูสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการสอนจากแบบบรรยายไปสู่การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยดังกล่าวสนับสนุนแนวคิดนี้การใช้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หมุนเวียนกันไปอย่างชัดเจนว่า การเลือกใช้กิจกรรมเชิงรุกอย่างหลากหลายไม่ใช่เพียงเพื่อสร้าง

ความสนุกสนานหรือความมีชีวิตชีวาในชั้นเรียนเท่านั้น แต่ครูจำเป็นต้องออกแบบกิจกรรมแต่ละประเภทให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของการสอน โดยควรวางลำดับการใช้กิจกรรมอย่างมีเหตุผล เพื่อให้แต่ละกิจกรรมมีเป้าหมายเฉพาะที่ช่วยเสริมสร้างกระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ

ในการออกแบบการเรียนรู้ ครูควรพิจารณาทั้งวัตถุประสงค์ของบทเรียน ลักษณะของเนื้อหา และระดับของผู้เรียน เพื่อเลือกใช้เทคนิคการจัดกิจกรรมที่เหมาะสม เช่น การใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและสำรวจสิ่งแวดล้อม การใช้การจัดการเรียนรู้แบบด้วยเทคนิค Jigsaw เพื่อพัฒนาการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการสังเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เพื่อกระตุ้นการคิดอย่างมีโครงสร้าง และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อทดสอบข้อสรุปอย่างสร้างสรรค์ นอกจากนี้ การแยกใช้การจัดการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหา แทนที่จะรวมหลายรูปแบบไว้ในกิจกรรมเดียว ยังช่วยลดภาระทางความคิด (Cognitive Load) ของผู้เรียน และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ที่มีลำดับขั้นตอนชัดเจนมากขึ้น

แนวคิดดังกล่าวจึงสอดคล้องกับกรอบแนวทางของงานวิจัยนี้ที่เลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เชิงรุก 4 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E วิธีที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบด้วยเทคนิค Jigsaw วิธีที่ 3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง และวิธีที่ 4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน แบบหมุนเวียน โดยไม่ได้ผสมรวมในบทเรียนเดียว แต่พิจารณาเลือกใช้ตามลำดับความเหมาะสมของเป้าหมายการเรียนรู้ในแต่ละบทเรียน เพื่อส่งเสริมองค์ประกอบหลักของการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ข้อค้นพบ และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุป การใช้เทคนิคหมุนเวียนเหล่านี้ไม่เพียงเพิ่มความหลากหลายของรูปแบบกิจกรรมในห้องเรียน แต่ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดในแต่ละขั้นอย่างลึกซึ้ง เป็นระบบ และสอดคล้องกับธรรมชาติของการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติอย่างแท้จริง

สรุปได้ว่า การใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เชิงรุก 4 วิธีในลักษณะหมุนเวียน ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมในชั้นเรียน แต่ยังช่วยให้แต่ละกิจกรรมมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการเสริมสร้างองค์ประกอบสำคัญของการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ การตั้งสมมติฐาน การรวบรวมข้อมูล การสังเคราะห์ข้อค้นพบ และการตรวจสอบผลลัพธ์อย่างมีเหตุผล การ “แยกใช้” เทคนิคแต่ละแบบให้สอดคล้องกับเป้าหมายเฉพาะของบทเรียน จึงถือเป็นแนวทางที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำวิธีการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกทั้ง 4 วิธีมาใช้ในลักษณะหมุนเวียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยแต่ละวิธีการจัดการเรียนรู้จะต้องมีขั้นตอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นตอนที่ส่งเสริมการค้นหาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และ (2) ขั้นตอนที่ส่งเสริมการสร้าง ข้อความคาดการณ์

1.3.1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กำหนดกรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละคาบ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 แผน แต่ละแผนใช้เวลา 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมถึงการทดสอบย่อยจำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 1 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และการทดสอบหลังเรียนจำนวน 1 ครั้ง จำนวน 1 คาบเรียน ใช้เวลา 50 นาที เพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการเรียนออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 คาบเรียนที่ 1-3 เป็นเนื้อหาเรื่องลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ และคาบที่ 4 การทดสอบย่อยครั้งที่ 1 ทำใบกิจกรรมรายบุคคล (แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 1)

ช่วงที่ 2 คาบเรียนที่ 5-14 เป็นเนื้อหาเรื่องการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ และคาบที่ 5 การทดสอบย่อยครั้งที่ 2 ทำใบกิจกรรมรายบุคคล (แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 2)

ช่วงที่ 3 คาบเรียนที่ 16-17 เป็นเนื้อหาเรื่องการนำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา และคาบที่ 18 การทดสอบย่อยครั้งที่ 3 ทำใบกิจกรรมรายบุคคล (แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 1) และคาบที่ 19 การทดสอบหลังการทดลองทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง

โดยมีรายละเอียดในแต่ละช่วงของกิจกรรมการเรียนรู้ ดังตารางนี้

ตาราง 19 กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ช่วง	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
1	1	กิจกรรมที่ 1 ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E
	2	กิจกรรมที่ 2 ข้อความคาดการณ์ของปริซึมและพีระมิด (ความสัมพันธ์ของจำนวนหน้าข้าง และจำนวนด้านของฐาน และความสัมพันธ์ของจำนวนจุดยอด จำนวนหน้า และจำนวนเส้นขอบของพีระมิด) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยเทคนิค JIGSAW
	3	กิจกรรมที่ 3 ข้อความคาดการณ์ของทรงกระบอก กรวย และวงกลม (ความสัมพันธ์ของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง และความยาวเส้นรอบวงของฐานกรวย และความสัมพันธ์ของความยาวด้านของหน้าข้าง และความยาวเส้นรอบวงของฐานทรงกระบอก และความสัมพันธ์ของจุดศูนย์กลางของทรงกลม และวงกลมใหญ่ของทรงกลม) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง
	4	กิจกรรมที่ 4 การทดสอบย่อยครั้งที่ 1
2	5	กิจกรรมที่ 5 พื้นที่ผิวของปริซึม จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยเทคนิค JIGSAW
	6	กิจกรรมที่ 6 ปริมาตรปริซึม จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E
	7	กิจกรรมที่ 7 พื้นที่ผิวของพีระมิด จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง
	8	กิจกรรมที่ 8 ปริมาตรพีระมิด จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ด้วยเทคนิค JIGSAW

ตาราง 19 (ต่อ)

ช่วง	คาบเรียน	รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนการสอน
3	9	กิจกรรมที่ 9 พื้นที่ผิวทรงกระบอก จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง
	10	กิจกรรมที่ 10 ปริมาตรทรงกระบอก จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E
	11	กิจกรรมที่ 11 พื้นที่ผิวกรวย จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง
	12	กิจกรรมที่ 12 ปริมาตรกรวย จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
	13	กิจกรรมที่ 13 พื้นที่ผิวทรงกลม จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E
	14	กิจกรรมที่ 14 ปริมาตรทรงกลม จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E
	15	กิจกรรมที่ 15 การทดสอบย่อยครั้งที่ 2
	16	กิจกรรมที่ 16 การนำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา ตอนที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
	17	กิจกรรมที่ 17 การนำความรู้เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติไปใช้ในการแก้ปัญหา ตอนที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน
	18	กิจกรรมที่ 18 การทดสอบย่อยครั้งที่ 3
	19	กิจกรรมที่ 19 การทดสอบหลังการทดลอง
หลังการทดลอง		

1.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (2) เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.4.1 เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 15 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยใช้เวลา 50 นาที ในการดำเนินการแต่ละแผน เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในสาระการวัดและเรขาคณิต เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้

1.4.2 เครื่องมือสำหรับการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย (1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย (2) แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และ (3) แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย รายละเอียดมีดังนี้

1) แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นแบบทดสอบอัตนัยที่ ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 ข้อ

ซึ่งแต่ละข้อ ใช้ความรู้คณิตศาสตร์ไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้ พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยผู้วิจัยคัดเลือกเนื้อหาที่นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นได้ และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบวิเคราะห์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตาราง 20 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ด้านการค้นหา ความสัมพันธ์ของ ข้อมูล ที่นำไปสู่ การสร้างข้อความ คาดการณ์	3 (ดีมาก)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้ พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธี คิดได้ถูกต้องครบถ้วน ชัดเจน
	2 (ดี)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้ พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธี คิดพอสื่อให้เข้าใจ
	1 (พอใช้)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้ พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธี คิดพอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน
	0 (ปรับปรุง)	นักเรียนสามารถอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของ ข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ โดยใช้ความรู้ พื้นฐานทางเรขาคณิตมาช่วยหาคำตอบและสามารถแสดงวิธี คิดไม่ถูกต้องหรือไม่ได้เขียนเลย

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน
ด้านการเขียน ข้อความคาดการณ์	3 (ดีมาก)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ได้ถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน
	2 (ดี)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้พอสื่อให้เข้าใจ
	1 (พอใช้)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้พอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน
	0 (ปรับปรุง)	นักเรียนสามารถอธิบายข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการอธิบาย (เขียนแสดง/บอก) ความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากทำกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่ถูกต้องหรือไม่ได้เขียนเลย

2) แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นแบบบันทึกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในการทำกิจกรรมจากงานวิจัยของมัทนา ศรีสุจันทร์ (2560, น.213) และจินดิษฐ์ ละออบปักสิน (2550, น.185) เพื่อนำแบบสังเกตพฤติกรรมที่ได้ไปใช้ในการสังเกตและบันทึกพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทางคณิตศาสตร์แบบอุปนัยของนักเรียนขณะลงมือแก้ปัญหา ซึ่งประกอบด้วย แบบตรวจสอบรายการ (Checking List) และแบบบันทึกภาคสนาม (Field Note) 3) แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

3) แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นแบบสัมภาษณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อสอบถามนักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของแต่ละคน โดยใช้หลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้ง

1.4.3 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือเพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย/ขอบเขตของเครื่องมือแต่ละชนิด

กำหนดจุดมุ่งหมายของเครื่องมือสำหรับจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 15 แผนและเครื่องมือสำหรับการวัดผลประเมินผลการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2. ดำเนินการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

2.1 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลังจากนั้นนำมาปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์ไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) และสอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 1-3) ฉบับละ 3 ข้อ รวมทั้งหมด 9 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังทดลอง 1 ฉบับ มีจำนวน 4 ข้อ ต่อมาจึงนำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้น มาคัดเลือกบางส่วนเพื่อใช้เป็นแบบทดสอบในการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยนำมาสร้างเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถ

ในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียน ครั้งที่ 1-3 ฉบับละ 2 ข้อ รวมทั้งหมด 6 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังทดลอง 1 ฉบับ มีจำนวน 3 ข้อ

2.3 การสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ (Checking List) และแบบบันทึกภาคสนาม (Field note) โดยดัดแปลงจากแบบสังเกตจากมัณฑนา ศรีสุจันทร์ (มัณฑนา ศรีสุจันทร์, 2560, น. 213) และจินดิษฐ์ ละออบปักษิน (จินดิษฐ์ ละออบปักษิน, 2550, น.185) ซึ่งในแต่ละคาบเรียน ผู้วิจัย และผู้ช่วยวิจัย จำนวน 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนขณะลงมือทำกิจกรรม นอกจากนั้นยังมีกล้องวิดีโอช่วยในการบันทึกรายละเอียด บทสนทนา บรรยายการทำการกิจกรรมและพฤติกรรมที่แสดงออกของนักเรียนขณะลงมือทำกิจกรรม

2.4 การสร้างแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้สัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนหลังสิ้นสุดคาบเรียนแต่ละครั้งเพื่อตรวจสอบ วิธีการคิดหาคำตอบของนักเรียนเป้าหมายว่ามีวิธีการคิดลักษณะใด

3. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านการพิจารณาแล้ว นำเครื่องมือวิจัยทั้งหมดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดของการตรวจสอบเครื่องมือแต่ละรายการ ดังต่อไปนี้

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย จำนวน 15 แผน (แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ใช้การประเมินร่วมกันแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้) ใช้แบบประเมินคุณภาพแผนจัดการเรียนรู้ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับค่อนข้างน้อย

ระดับ 1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับ
ควรปรับปรุง

3.2 แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ใช้การ
ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ
โดยกำหนดระดับเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน +1 หมายถึง เห็นว่าเหมาะสมหรือสามารถนำไปใช้ได้

คะแนน 0 หมายถึง ไม่มั่นใจว่าเหมาะสมหรือสามารถนำไปใช้ได้
หรือไม่

คะแนน -1 หมายถึง เห็นว่าไม่เหมาะสมหรือไม่สามารถนำไปใช้
ได้

3.3 แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ใช้การให้
ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาถึงความเหมาะสมของการใช้ภาษา พร้อมทั้งเขียนข้อเสนอแนะเพื่อนำไป
ปรับปรุง และพัฒนาแบบสัมภาษณ์ดังกล่าวให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นในการนำไปใช้

4. นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมดมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ
ของผู้เชี่ยวชาญโดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ต้องมีระดับคุณภาพในแต่ละด้านของแผน
การจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ย 3.50 (ระดับดี) ขึ้นไป โดยแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถใน
การให้เหตุผลแบบอุปนัย จะใช้ในการประเมินร่วมกับแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในด้านการวัด
และประเมินผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงจะนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ได้

4.2 แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัย
คัดเลือกเฉพาะข้อที่มีดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป

4.3 แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยปรับ
ถ้อยคำและภาษาที่ใช้ในการสัมภาษณ์ให้มีความเหมาะสมตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ก่อน
นำไปใช้จริงในการวิจัย

5. นำเครื่องมือไปทดลองหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ และหา
คุณภาพเครื่องมือวิจัยกับกลุ่มนำร่องซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปี
การศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) จำนวน 22 คน

6. นำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล ครั้งที่ 1-3 (การทดสอบย่อยใน
การทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 1-3) ฉบับละ 3

ข้อ รวมทั้งหมด 9 ข้อ และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังทดลอง 1 ฉบับ มีจำนวน 4 ข้อ ที่ได้จากการทดลองหาประสิทธิภาพภาคสนาม มาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยคัดเลือกข้อที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้แบบอุปนัยระหว่างเรียน ครั้งที่ 1-3 ฉบับละ 2 ข้อ รวมทั้งหมด 6 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังทดลอง 1 ฉบับ มีจำนวน 3 ข้อ

7. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้แบบอุปนัยระหว่างเรียน ครั้งที่ 1-3 ฉบับละ 2 ข้อ รวมทั้งหมด 6 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังทดลอง 1 ฉบับ มีจำนวน 3 ข้อที่ได้ในข้อ 6 โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Alpha Coefficient)

8. ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยให้เหมาะสมและมีความชัดเจนเพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

1.5 การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้และหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

ในการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้และหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้สูตร E_1/E_2 ของผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มนำร่อง สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ และหาประสิทธิภาพ ของเครื่องมือ ดังนี้

1.5.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล ดำเนินการกับนักเรียน 3 คน โดยใช้สื่อการเรียนรู้และคำถามในใบกิจกรรมกระตุ้นความสนใจ แล้วให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม พร้อมทั้งสังเกตและสัมภาษณ์เพื่อประเมินความเป็นปรนัยของข้อคำถามและประสิทธิภาพของกิจกรรม จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณค่า E_1/E_2 และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด หากไม่ผ่านเกณฑ์ จะปรับปรุงก่อนเข้าสู่การทดลองต่อไป

1.5.2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย ดำเนินการกับนักเรียน 8 คน โดยใช้แนวทางเดียวกับการประเมินรายบุคคล ทั้งด้านการกระตุ้นความสนใจ การลงมือปฏิบัติกิจกรรม การ

สังเกตและสัมภาษณ์ เพื่อประเมินความเป็นปรนัยของข้อคำถามและประสิทธิภาพของกิจกรรม แล้วนำผลมาคำนวณ E1/E2 เปรียบเทียบกับเกณฑ์ หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยจะปรับปรุงกิจกรรมก่อนการทดลองขึ้นถัดไป

1.5.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม ดำเนินกับนักเรียน 11 คน โดยใช้สื่อการเรียนรู้และคำถามในใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือกระตุ้นความสนใจและนำไปสู่การปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม ประสิทธิภาพของกิจกรรม และคุณภาพของเครื่องมือวิจัยอื่น ๆ จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่า E1/E2 แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ เพื่อพิจารณาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และนักเรียนเป้าหมายที่ใช้การศึกษพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย รวมถึงขั้นตอนการดำเนินการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และการเก็บรวบรวมข้อมูลไปจนถึงการวิเคราะห์ข้อมูลและการเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการดังนี้

2.1 การกำหนดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม วงกลม และรูปเรขาคณิตสามมิติ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ประถมวัยและประถมศึกษา) เป็นนักเรียนจำนวน 1

ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 24 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย และเป็นนักเรียนของห้องเรียนที่ไม่ใช่ห้องเรียนเดียวกับห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มนำร่อง จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยพิจารณาจากคะแนนดิบของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มาจัดแบ่งเป็น ควอไทล์ที่ 1 ถึงควอไทล์ที่ 3 (Q1 – Q3) เพื่อแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูง คือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า Q3 กลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ Q1 ถึง Q3 และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ คือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า Q1 หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน

นอกจากนี้ผู้วิจัยร่วมกับครูประจำชั้น คัดเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Student) จำนวน 4 คน โดยการใช้การเลือกแบบเจาะจงรวมกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียน เพื่อช่วยในการคัดเลือกนักเรียนที่มีความเชื่อมั่นกล้าแสดงออกสามารถสื่อสาร และนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ดี ซึ่งเป็นนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.2 การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยทำการศึกษารอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาพัฒนารอบแนวคิดของการให้เหตุผลแบบอุปนัยในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย โดยวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยได้ทำการศึกษา ดังนี้

ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ในด้านต่อไปนี้

1. ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์
2. ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์

โดยในการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยดังกล่าวข้างต้น พิจารณาจากคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลและคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ในด้านต่อไปนี้

1. ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์
2. ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์

โดยในการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยดังกล่าวข้างต้น พิจารณาจากผลงานเขียนจากใบกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียนเป้าหมาย ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้วิจัยและผู้สังเกตการณ์ โดยมีแบบสังเกตพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสัมภาษณ์นักเรียน โดยมีแบบสัมภาษณ์ พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยและกลัองวิธีช่วยในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมเหล่านั้น

2.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดแบบแผนที่ใช้ในการทดลอง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ระยะเวลาในการทดลอง ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 แบบแผนการวิจัย

แบบแผนการวิจัยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังการทดลอง (One-Group Posttest-Only Design) ซึ่งได้เป็นแบบแผนการวิจัยที่เลือกใช้กลุ่มตัวอย่าง เพียงกลุ่มเดียวมีการให้ตัวแปรอิสระกับกลุ่มตัวอย่าง และทำการทดสอบหลังการทดลอง แล้วพิจารณาผลการทดลองโดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากผลการทดลอง

2.3.2 การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 19 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นเวลาสำหรับดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 คาบเรียน โดยในคาบเรียนที่ 4, 15 และ 18 เป็นระยะเวลาในการทำใบกิจกรรมรายบุคคลครั้งที่ 1-3 ตามลำดับ (ทดสอบย่อยครั้งที่ 1-3) และระยะเวลาสำหรับทดสอบหลังเรียน 1 คาบเรียน ในคาบเรียนที่ 19 ซึ่งรายละเอียดการดำเนินการ มีดังนี้

1. ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยใช้เวลานอกเหนือจากเวลาเรียนปกติ ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครู และผู้สังเกตการณ์ โดยมีผู้ช่วยวิจัย 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมของการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมาย และสมาชิกในกลุ่มขณะลงมือปฏิบัติกิจกรรม โดยบันทึกพฤติกรรมเหล่านั้นลงในแบบสังเกตพฤติกรรม

2. ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย จำนวน 8 คน เพื่อวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบอุปนัย

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบสมมติฐานที่ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยโดยนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนในแต่ละช่วงการวิจัย

3. หาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม

4. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยนำแบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และงานเขียนของนักเรียนมาวิเคราะห์พฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความ

คาดการณ์ และด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ ขณะลงมือปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนเป้าหมาย
จำนวน 4 คน

2.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ
2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง
ค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดโดยใช้วิธีการ
หาสัมประสิทธิ์ครอนบาค (α -Coefficient)
3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทวินาม (Binomial Test)



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ความมุ่งหมายในการวิจัยครั้งนี้ คือ เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 และเพื่อศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งข้อมูลที่ได้รับรวบรวมจะนำมาวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้ในการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพทำการประเมินพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยเป็น 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นี้ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือวิจัยที่ได้ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปใช้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มนักร้อง โดยผู้วิจัยทำการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ได้แก่ การหาประสิทธิภาพรายบุคคล การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยและการหาประสิทธิภาพภาคสนาม ซึ่งผู้วิจัยได้นำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมย่อยรายบุคคลครั้งที่ 1-3 ได้แก่ ใบกิจกรรมย่อยครั้งที่ 1 แบบทดสอบเรื่องลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ ใบกิจกรรมย่อยครั้งที่ 2 แบบทดสอบเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ และใบ

กิจกรรมย่อยครั้งที่ 3 แบบทดสอบเรื่องปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติไปคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และนำคะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ (หลังการทดลอง) ไปคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2) เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ E1/E2 กับเกณฑ์ 70/70 โดยผลการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล

สำหรับการหาประสิทธิภาพรายบุคคล มีความมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 คน ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ โดยสุ่มนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 1 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน นำมาจัดเป็น 1 กลุ่ม โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพรายบุคคลแสดงดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)			ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)			E1/E2
คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E1	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E2	
54	44.07	81.61	27	22.63	83.81	81.61/83.61

จากตาราง 21 พบว่า ประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย

81.61/83.61 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยผลจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม ทำให้เห็นถึงรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุง แสดงดังตาราง 22

ตาราง 22 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
1	ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เพิ่มใบความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ของส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ เช่น จุด ส่วนของเส้นตรง เส้นตรง ระยะห่าง ระหว่างจุด เส้นรอบวงของฐาน จุดศูนย์กลาง ยอดแหลม ระนาบ หน้าข้าง ฐาน หน้าตัด ผิวโค้ง รูปหลายเหลี่ยม เป็นต้น โดยแจกให้นักเรียนเป็นรายบุคคล ซึ่งจะแจกในชั้นสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล และต้องแจกหลังจากที่ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มสิ่งของตามเกณฑ์ของตนเองก่อน (เป็นการให้นักเรียนคาดการณ์ด้วยตนเองก่อน) เพื่อให้นักเรียนมีคลังคำศัพท์ที่จะนำมาเขียน ช่วยแก้ปัญหาภาษาที่ใช้ในการเขียนยังไม่สมบูรณ์และครบถ้วน ขาดความแม่นยำเกี่ยวกับคำศัพท์ของรูปเรขาคณิต เช่น ส่วนของเส้นตรงซึ่งแตกต่างกับเส้นตรง เป็นต้น หรืออย่างน้อยจะช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ภาษาของตนเองที่มีความหมายใกล้เคียง เช่น มี 3 มิติ แทนคำว่ารูปเรขาคณิตสามมิติ เป็นต้น

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		จัดทำบัตรรายชื่อสิ่งของเป็นแผ่นสติ๊กเกอร์ที่สามารถแกะ แล้วนำมาติดในตารางบันทึกข้อมูลได้ แทนการให้นักเรียน เขียนด้วยตนเอง เพื่อเป็นการประหยัดเวลาทำให้ผู้สอนมี เวลาในการใช้คำถามช่วยนักเรียนได้รับข้อมูลที่ครบถ้วน ในขั้นสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เช่น คำถามว่า ทำไมถ้วยไอศกรีมจึงไม่ใช่ทรงกระบอก เป็นต้น นักเรียนจะมีเวลามากขึ้นในการไปรวบรวมข้อมูลและอภิ ปรายร่วมกันภายในกลุ่มมากขึ้นนำไปสู่การเขียนข้อความ คาดการณ์ได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ เพิ่มใบเอกสารความรู้เกี่ยวกับความหมายของคำว่า “ข้อความคาดการณ์ (Conjecture)” พร้อมตัวอย่างการ เขียนข้อความคาดการณ์ โดยแจกให้นักเรียนเป็น รายบุคคลในขั้นตอนอธิบายและเขียนข้อความคาดการณ์ นอกเหนือจากที่ผู้สอนได้อธิบายให้กับนักเรียนแล้วในการ ทำกิจกรรม เพื่อช่วยให้นักเรียนที่ตามไม่ทันหรือต้องการ ทบทวนสามารถนำมาดูได้ตลอดเวลาที่ตนเองต้องการใน การเขียนข้อความคาดการณ์และเป็นการเน้นให้นักเรียน ทราบว่านักเรียนจะต้องเขียนข้อความคาดการณ์อย่างไร เนื่องจากเป็นกิจกรรมแรกที่นักเรียนได้ทำ จึงมีนักเรียน บางคนยังไม่คุ้นเคยกับการเขียนข้อความคาดการณ์ และ ไม่เข้าใจว่าจะต้องสังเกตรวบรวมหาความสัมพันธ์ของ ข้อมูลอย่างไร

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
2	ข้อความคาดการณ์ของ ปริซึม และ พีระมิด (จำนวนสันหรือเส้นขอบ ของปริซึมและพีระมิด) (การจัดการเรียนรู้แบบ ร่ว ม มี อ เท ค นิ ค JIGSAW)	สร้างข้อตกลงร่วมกันกับนักเรียนในการเลือกใช้คำศัพท์ โดยเลือกใช้คำใดคำหนึ่งในกรณีที่สามารถใช้ได้สองคำ นั่นคือ สันหรือเส้นขอบของปริซึมหรือพีระมิด ตั้งแต่ในชั้น ทบทวนความรู้เดิมและเตรียมเนื้อหาใหม่ โดยผู้สอนจะใช้ คำว่า “สันของปริซึมหรือพีระมิด” เพื่อความสะดวกในการ สื่อสารกับนักเรียน และสามารถสื่อสารข้อความ คาดการณ์ของตนเองกับสมาชิกในกลุ่มเดียวกันได้เข้าใจ ตรงกัน เพิ่มใบความรู้เกี่ยวกับการวาดรูปเรขาคณิตบนกระดาษ จุดไอโซเมตริกพร้อมยกตัวอย่างการรูปเรขาคณิตที่วาด บนกระดาษดังกล่าว นอกเหนือจากที่ครูแนะนำการวาด ภาพเบื้องต้นแล้วในการทำกิจกรรมในชั้นกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert) โดยแจกให้นักเรียนเป็นรายบุคคลเพื่อช่วยใ้ นักเรียนบางคนที่ไม่ถนัดการวาดรูปหรือไม่เข้าใจทำให้ไม่ สามารถวาดภาพของปริซึมและพีระมิดได้สามารถวาดรูป ได้ดีขึ้น ซึ่งมีผลต่อการเขียนข้อความคาดการณ์ เพราะ การวาดภาพจะแสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถนึกภาพ ของปริซึมและพีระมิดได้ซึ่งจะมีผลต่อการรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับจำนวนสันหรือเส้นขอบของปริซึมและพีระมิด
3	ข้อความคาดการณ์ของ กรวยและทรงกระบอก (ความยาวเส้นรอบฐาน ของ กรวย และ ทรงกระบอก)	เพิ่มเติมคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 1.2 การจับคู่วงกลมกับรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่กำหนดให้ (ซึ่งการจับคู่เกิดจากการให้นักเรียนพิจารณาจากกระดาษ รูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่กำหนด (รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าบอก ความกว้างและความยาว) และให้กระดาษวงกลม 3 ขนาด ขนาดละ 1 คู่) ซึ่งนักเรียน

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
(การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะทาง)	(การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะทาง)	จะต้องคาดการณ์โดยพิจารณาจากรูปแล้วจับคู่โดยเลือกกระดาษวงกลม 1 คู่จากกระดาษวงกลม 3 ขนาดตามขนาดของรัศมี ซึ่งจะนำมาติดเป็นฐานทั้งสองด้านของทรงกระบอก โดยให้นักเรียนอธิบายเหตุผลให้ชัดเจนว่า <u>“จะต้องติดกระดาษรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดมาให้อย่างไรให้เป็นทรงกระบอกและด้านใดที่ใช้ติดกับวงกลมที่จะนำมาติดเป็นฐานของทรงกระบอก”</u> เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนบรรยายละเอียดว่า ความยาวเส้นรอบวงของกระดาษวงกลมที่เลือกมาเป็นฐานจะต้องมีความยาวเท่ากับความยาวด้านกว้างหรือความยาวด้านยาวของกระดาษสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก และเกิดความเข้าใจว่า <u>“ด้านที่เหลือคือความสูงของทรงกระบอก”</u> เพิ่มเติมคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้และเน้นข้อความตัวเข้ม ส่วนที่ 2 ส่วนที่ 2.2 โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1.1 และส่วนที่ 2.1 มาเขียนข้อความคาดการณ์และเพิ่มเติมคำถามว่า <u>“ข้อความคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความยาวเส้นรอบฐานของกรวย คืออะไร”</u> และส่วนที่ 2 ส่วนที่ 2.4 โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1.2 และส่วนที่ 2.3 มาเขียนข้อความคาดการณ์และเพิ่มเติมคำถามว่า <u>“ข้อความคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความยาวเส้นรอบฐานของทรงกระบอก คืออะไร”</u> เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุด

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		เพิ่มเติมคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้และเน้นข้อความตัวเข้ม ส่วนที่ 2 ส่วนที่ 2.2 โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1.1 และส่วนที่ 2.1 มาเขียนข้อความคาดการณ์และเพิ่มเติมคำถามว่า “ข้อความคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องความยาวเส้นรอบฐานของกรวย คืออะไร” และส่วนที่ 2 ส่วนที่ 2.4 โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า จะต้องนำข้อมูลที่ได้จากส่วนที่ 1.2 และส่วนที่ 2.3 มาเขียนข้อความคาดการณ์และเพิ่มเติมคำถามว่า “ข้อความคาดการณ์ที่เกี่ยวข้องความยาวเส้นรอบฐานของทรงกระบอก คืออะไร” เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุด
4	พื้นที่ผิวของปริซึม (การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค JIGSAW)	เพิ่มเติมการให้คำแนะนำในขั้นตอนการนำเสนอความรู้ โดยเน้นให้นักเรียนทราบว่า “ควรให้ความสำคัญกับคำตอบที่ได้จากการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ และผ่านการอภิปรายร่วมกันแล้วระหว่างนักเรียนและครู ซึ่งคำตอบเป็นข้อมูลที่สำคัญที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อความคาดการณ์และจะต้องการเขียนข้อความคาดการณ์ให้ชัดเจนโดยที่เห็นข้อความคาดการณ์แล้วทราบได้ทันทีว่า “ข้อความของพื้นที่ผิวของปริซึมหาได้จากอะไร” เพื่อช่วยให้นักเรียนเห็นความสำคัญของข้อมูลที่จากการตอบคำถามทั้งหมด นำข้อมูลที่ได้มาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างขั้นตอน นำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ให้ครบถ้วนและสมบูรณ์

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		เพิ่มเติมคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในส่วนของการเขียนข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวของปริซึม โดยเพิ่มคำถามและเน้นข้อความตัวเข้มว่า “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของปริซึม (ใช้คำตอบที่ได้จากการตอบคำถามและผ่านการอภิปรายแล้วมาช่วยในการเขียนให้ครบถ้วนและสมบูรณ์ที่สุด)” เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลแต่ละส่วนและนำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ นั่นคือ เมื่อได้คำตอบว่า “พื้นที่ผิวข้างของปริซึม = ความยาวรอบฐานของปริซึม X ความสูงของปริซึม” ควรจะต้องนำข้อมูลส่วนนี้มาเขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์ว่า <u>“พื้นที่ผิวของปริซึม = (พื้นที่ฐานของปริซึม X 2) + (ความยาวรอบฐานของปริซึม X ความสูงของปริซึม)”</u> แทนการเขียนว่า “พื้นที่ผิวของปริซึม = (พื้นที่ฐานของปริซึม X 2) + พื้นที่ผิวข้างของปริซึม” เท่านั้น
5	ปริมาตรของปริซึม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	ปรับการใช้คำถามในกิจกรรมหาปริมาตรของปริซึมแต่ละชนิดที่ได้จากการนำกระดาษมาเรียงเป็นปริซึมแต่ละชนิด ควรระบุว่ากระดาษที่นำมาเรียงกันคือหน้าตัดของปริซึมแต่ละชนิดและควรใช้คำว่า “ปริมาตรของกระดาษ” แทนคำว่า “เนื้อของกระดาษ” ในการสื่อสารกับนักเรียน เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสนและจะช่วยให้การเขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
6	พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า (การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะทาง)	ปรับคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ให้ชัดเจน โดยใช้คำว่า “ความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า X ความสูงเอียงของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” ในส่วนหัวของตารางบันทึกข้อมูลของชุดท้ายส่วนที่ 1 และใช้คำว่า “พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” ในส่วนของคำถามในส่วนที่ 2 ของการเขียนข้อความคาดการณ์ (เนื่องจากในกิจกรรมนี้กล่าวถึงเฉพาะกรณีของพีระมิดที่มีฐานเป็นรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า) เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าในกิจกรรมนี้พิจารณาเฉพาะพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ไม่ให้เกิดความสับสนกับการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง นำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์และระบุเฉพาะกรณีดังกล่าว
7	ปริมาตรของพีระมิด (การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค JIGSAW)	เพิ่มเติมการให้ความช่วยเหลือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีนักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำ เนื่องจากกิจกรรมนี้จัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค JIGSAW ซึ่งจะต้องให้นักเรียนในกลุ่มดังกล่าวเลือกหัวข้อที่ตนเองสนใจแล้วทำการศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนอาจจะยังไม่สามารถทำกิจกรรมได้ด้วยตนเอง ยังคงต้องมีผู้สอนช่วยให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ นักเรียนกลุ่มดังกล่าวสามารถเข้าใจเรื่องที่ตนศึกษาเกิดความรู้ความเข้าใจสามารถกลับมาอธิบายถ่ายทอดความรู้ในกลุ่มของตนเองได้

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
8	พื้นที่ผิวของ ทรงกระบอก (การจัดการเรียนรู้แบบ การค้นพบด้วยการแนะ แนวทาง)	เพิ่มเติมรายละเอียดสถานการณ์ในชั้นเข้าสู่บทเรียนโดย ใช้ปัญหาโดยเดิมมีรายละเอียดว่า “ถ้านักเรียนต้องการ ประดิษฐ์กระทงจากใบตองจากกระทงนมทรงกระบอกตาม ขนาดที่ต้องการด้วยการนำกระดาษที่มีลวดลายสวยงาม ห่อกระทงนมทั้งใบ โดยการห่อนี้จะต้องใช้กระดาษให้ พอดีและไม่มีส่วนใดกระดาษซ้อนทับกัน” โดยมีข้อความ เพิ่มเติมต่อท้ายว่า “นักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้าง ในการแก้ปัญหานี้ได้สำเร็จตามสถานการณ์ที่กำหนด” เพื่อให้ นักเรียนเข้าไปอยู่ในสถานการณ์ของปัญหานี้เกิด ความรู้สึกที่จะต้องแก้ปัญหานี้ให้สำเร็จ
9	ปริมาตรของ ทรงกระบอก (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	ปรับการใช้คำถามในกิจกรรมการหาปริมาตรของ ทรงกระบอกแต่ละขนาดที่ได้จากการนำกระดาษทรงขา แต่ละขนาดมาเรียงเป็นทรงกระบอกแต่ละขนาด ควรใช้ คำว่า “ปริมาตรของกระดาษ” แทนคำว่า “เนื้อของ กระดาษ” ในการสื่อสารกับนักเรียน รวมถึงปรับคำ ดังกล่าวทั้งหมดในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในส่วนที่ 1 ตารางที่ 1 เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสนและ จะช่วยให้เขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและ สมบูรณ์
10	พื้นที่ของกรวย (การจัดการเรียนรู้แบบ การค้นพบด้วยการแนะ แนวทาง)	เพิ่มใบความรู้เรื่องที่มาของการหาพื้นที่วงกลม โดยอาศัย การหาพื้นที่สี่เหลี่ยมด้านขนานด้วยการแบ่งพื้นที่วงกลม เป็นรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งจำนวน 8 ชิ้น หรือ 16 ชิ้นเท่า ๆ กันแล้วนำมาจัดเรียงเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว หรือรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน ซึ่งจะต้องแจก เอกสารให้กับนักเรียนไปพร้อมกับการที่ครู

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		อธิบายเพื่อให้นักเรียนดูประกอบการอธิบายในกรณีที่ไม่ทัน ในขั้นตอนเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่า “สามารถอาศัยหลักการดังกล่าวมาช่วยในการหาพื้นที่ผิวข้างของกรวยได้”
11	ปริมาตรของกรวย (การจัดการเรียนรู้โดยใช้ เกมเป็นฐาน)	เพิ่มเรื่องการทวงข้าวสารโดยใช้ช้อนตักข้าวใส่ถ้วยกรวย กระดาศให้กับนักเรียน โดยจะต้องเน้นกับนักเรียนในชั้น เล่นเกมตามกติกาให้นักเรียนทวงให้ข้าวสารให้เต็มถ้วย กรวยกระดาศให้คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดหรือใกล้เคียงมาก ที่สุดด้วยการเคาะให้ข้าวสารเรียงตัวและปาดข้าวสารให้ เสมอกัน ขอบถ้วยเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความ คลาดเคลื่อนในการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนครั้งที่ใช้ตวง ข้าวสารแล้วนำไปเทใส่จนเต็มทรงกระบอกที่จับคู่ เพื่อให้ นักเรียนได้รับข้อมูลที่ได้อ้างอิงถูกต้องจากการเทข้าวสาร จากถ้วยกรวยกระดาศแล้วนำไปเทใส่ทรงกระบอกที่จับคู่ ทำให้เห็นความสัมพันธ์ที่จะนำไปสู่การเขียนข้อความ คาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์
12	พื้นที่ของทรงกลม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เพิ่มข้อตกลงกับนักเรียนในการแกะเชือกที่ละส่วนไม่แกะ ครั้งเดียวจนหมด (เนื่องจากเชือกที่ขดอยู่บนผิวของทรง กลมถูกนำนาเรียงต่อกัน 4 เส้นเพื่อความสะดวกและ รวดเร็วในการทำกิจกรรมของนักเรียน และป้องกันการ คลาดเคลื่อนหากให้นักเรียนตัดแบ่งเชือกด้วยตนเอง) จากนั้นจึงนำเชือกที่เปรียบเสมือนผิวของทรงกลมที่นำมา ขดลงบนกระดาศวงกลมใหญ่ที่ละแผ่นตามที่จับคู่ เพื่อให้ นักเรียนได้คาดการณ์จำนวนแผ่นกระดาศวงกลมใหญ่ ของทรงกลมที่จะต้องใช้ในการติดเชือกที่เปรียบเสมือนผิว ของทรงกลมที่จับคู่

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
13	ปริมาตรของทรงกลม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เพิ่มเรื่องการทวงข่าวสารโดยใช้เครื่องทรงกลมให้กับนักเรียน โดยจะต้องเน้นกับนักเรียนในชั้นสำรวจและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลให้นักเรียนทวงให้ข่าวสารให้เต็มอุปกรณ์ด้วยเครื่องทรงกลมให้คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดหรือใกล้เคียงมากที่สุดด้วยการเคาะให้ข่าวสารเรียงตัวและปาดข่าวสารให้เสมอขอบด้วยเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนครั้งที่ใช้ทวงข่าวสารแล้วนำไปเทใส่จนเต็มทรงกระบอกที่จับคู่เพื่อให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่ได้ข้อมูลที่ถูกต้องจากการทวงข่าวสารด้วยด้วยเครื่องทรงกลมแล้วนำไปเทใส่ทรงกระบอกที่จับคู่ ทำให้เห็นความสัมพันธ์ที่จะนำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์
14	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (ปริมาตรของเครื่องทรงกลม) (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	เพิ่มการแจ้งให้นักเรียนเตรียมตัวล่วงหน้าด้วยการทบทวนความรู้เรื่องการหาปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกลมเดิมที่เคยเรียนในกิจกรรมที่ผ่านมาแล้ว และทบทวนการหาปริมาตรของทรงกลม โดยอาศัยความเกี่ยวข้องกับการหาปริมาตรของทรงกระบอกที่มีส่วนประกอบของทรงกลมที่เท่ากับส่วนประกอบของทรงกระบอก เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมในการเล่นเกมนำความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการเล่นเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพนำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์

ตาราง 22 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
15	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (พื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้จากการนำลูกบาศก์ที่มีขนาดเท่ากันมาต่อกัน) (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	เพิ่มการแจ้งให้นักเรียนเตรียมตัวล่วงหน้าด้วยการทบทวนความรู้เรื่องส่วนประกอบของลูกบาศก์และการหาพื้นที่ผิวของลูกบาศก์ เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมในการเล่นเกมที่และสามารถนำความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการเล่นเกมได้อย่างมีประสิทธิภาพนำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ได้ครบถ้วนและสมบูรณ์ เพิ่มรายละเอียดในใบชี้แจงวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกี่ยวกับการนำลูกบาศก์มาต่อเป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยยกตัวอย่างภาพของการต่อที่ไม่ใช่ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก 1-2 ภาพ เพื่อป้องกันและช่วยให้นักเรียนไม่สับสนระหว่างการนำลูกบาศก์ทั้ง 8 ลูกมาเรียงต่อกันใหม่ให้เป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งก็คือการต่อเป็นปริซึมสี่เหลี่ยมมุมฉากไม่ใช่การนำลูกบาศก์มาต่อรูปเรขาคณิตสามมิติที่เกิดจากทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากประกอบกัน เช่น ต่อเป็นตัวแอล (L) ต่อเป็นแท่นรับรางวัล เป็นต้น

จากตาราง 22 ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงของแต่ละกิจกรรม ทั้งนี้ในภาพรวมของทุกกิจกรรมมีส่วนที่ผู้วิจัยเห็นว่าควรได้รับการพัฒนา เพื่อให้เป็นกิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งผู้วิจัยควรดำเนินการ ดังนี้

1.1 การใช้ภาษาในการสื่อสารกับนักเรียนซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในการอธิบายแต่ละขั้นตอนในการทำกิจกรรม ควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและเหมาะสมกับนักเรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจก่อนว่าจะต้องทำอะไรบ้าง และทำอย่างไร เมื่อนักเรียนเข้าใจแล้วจึงใช้ภาษาที่เป็นทางการตามหลักวิชาการกับนักเรียนก็จะช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเรียนรู้คำศัพท์วิชาการที่ถูกต้องและสามารถนำมาใช้ในการสื่อสารและเขียนข้อความคาดการณ์ได้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

1.2 กระตุ้นนักเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าคิด กล้าพูด และกล้าเขียน และแจ้งให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มทราบว่านักเรียนทุกคนมีความสำคัญเท่ากันและต้องร่วมมือกันในการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยเฉพาะในเรื่องของการให้นักเรียนสังเกตรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ส่งเสริมให้นักเรียนมีการจดบันทึกข้อมูลของตนเองลงในกระดาษ เอ4 ที่ผู้วิจัยแจกให้ และผู้วิจัยควรแนะนำให้ทุกคนนักเรียนกล้าที่เขียนบันทึกข้อมูลและกล้าจะพูดคุยแลกเปลี่ยนข้อมูลของตนเองที่พบในการทำกิจกรรมกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม โดยไม่ต้องกังวลว่าตนเองจะเขียนไม่ถูกและพูดไม่ถูกต้องหรือไม่ครบถ้วนและสมบูรณ์ และนักเรียนทุกคนควรนำข้อมูลที่ตนเองได้มาสร้างข้อความคาดการณ์ของตนเองในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรมแล้วนำข้อความที่ได้มาแลกเปลี่ยนกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาสรุปเป็นข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุดของกลุ่ม

1.3 แนะนำและเน้นย้ำกับนักเรียนเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและคำศัพท์วิชาการที่จะนำมาใช้ในการเรียนข้อความคาดการณ์ในแต่ละกิจกรรม เพื่อให้ นักเรียนคลายความวิตกกังวลในการเขียนข้อความคาดการณ์ซึ่งนักเรียนอาจกลัวว่าข้อความคาดการณ์ของกลุ่มตนเองจะไม่สมบูรณ์และไม่กล้าเขียนข้อความคาดการณ์ โดยแหล่งข้อมูลนั้นได้จากการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งคำถามแต่ละข้อจะทำให้ นักเรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูล

1.4 เสริมแรงทางบวกให้กับนักเรียนในการทำกิจกรรม โดยเข้าไปดูแลอย่างใกล้ชิดกับนักเรียนทุกกลุ่มและนักเรียนสามารถยกมือขึ้นเพื่อเป็นสัญญาณขอความช่วยเหลือจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลาเพื่อซักถามเมื่อมีข้อสงสัย ค่อยพูดให้ชื่นชมนักเรียนในการทำกิจกรรมได้สมบูรณ์และให้กำลังใจกลุ่มที่อาจยังทำได้ไม่สมบูรณ์ อีกทั้งต้องสร้างบรรยากาศที่สนุกสนาน กระตุ้นท้าทายให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนสามารถทำได้และเรียนรู้เรื่องดังกล่าวในแต่ละกิจกรรมได้

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย

สำหรับการหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย มีความมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 8 คน ที่ได้จากการใช้การสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิ โดยสุ่มนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 2 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 4 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 2 คน ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนในกลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคล แล้วนำมาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน โดยผู้วิจัยให้

นักเรียนลงมือปฏิบัติตามลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยแสดงดังตาราง 23

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)			ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)			E1/E2
คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E1	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E2	
54	42.95	79.54	27	22.10	81.76	79.54/81.76

จากตาราง 23 พบว่า ประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย 79.54/81.76 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยผลจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม ทำให้เห็นถึงรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุง แสดงดังตาราง 24

ตาราง 24 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
1	ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	ควรเน้นการให้ความสำคัญของการใช้คำถามในชั้นการสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยคำถามสำคัญที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสิ่งของในชีวิตประจำวันที่มีความใกล้เคียงกับรูปเรขาคณิตสามมิติในบทเรียนแต่ไม่ใช่รูปเรขาคณิตสามมิติในบทเรียน เพื่อทำให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จะนำไปเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างครบถ้วนและสมบูรณ์ ดังนี้ คำถามที่ 1 เพราะเหตุใดส้มจึงไม่ใช่ทรงกลม คำถามที่ 2 เพราะเหตุใดโคมไฟไม้ไผ่จึงไม่ใช่ทรงกระบอก คำถามที่ 3 เพราะเหตุใดถ้วยโศกริมจึงไม่ใช่ทรงกระบอก คำถามที่ 4 เพราะเหตุใดทองคำแท่งจึงไม่ใช่ปริซึม คำถามที่ 5 เพราะเหตุใดเค้กชั้นจึงไม่ใช่ปริซึม คำถามที่ 6 เพราะเหตุใดช็อกโกแลตคิสจึงไม่ใช่กรวย คำถามที่ 7 เพราะเหตุใดเต็นท์เด็ก และโคมไฟแขวนจึงไม่เป็นทรงกลม หรือทรงกระบอก หรือกรวย หรือปริซึม หรือพีระมิด โดยแต่ละคำถามจะทำให้นักเรียนสังเกตเห็นส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติทำให้ทราบว่าทำไมสิ่งของเหล่านี้จึงไม่ใช่รูปเรขาคณิตสามมิติในบทเรียน

ตาราง 24 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
2	ข้อความคาดการณ์ของ ปริซึม และ พีระมิด (จำนวนสันหรือเส้นขอบ ของปริซึมและพีระมิด) (การจัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือ เทคนิค JIGSAW)	เพิ่มจำนวนแบบจำลองของปริซึมและพีระมิดให้เพียงพอ กับสมาชิกในกลุ่มเชี่ยวชาญโดยอาจใช้การดูร่วมกันแบบ จับคู่ 2 คน แบบ Think pair share เพื่อให้นักเรียนเข้าถึง แบบจำลองและสามารถสังเกตหาความสัมพันธ์ของ ข้อมูลจำนวนสันของปริซึมและพีระมิดได้อย่างทั่วถึงทุก คน ช่วยประหยัดเวลาในการรออุปกรณ์ต่อจากเพื่อนใน กลุ่มผู้เชี่ยวชาญและมีเวลาในการพูดคุยและแลกเปลี่ยน ข้อมูลกันมากขึ้น
3	ข้อความคาดการณ์ของ กรวยและทรงกระบอก (ความยาวเส้นรอบฐาน ของกรวยและ ทรงกระบอก) (การจัดการเรียนรู้แบบ ค้นพบด้วยการแนะทาง)	เน้นย้ำสถานการณ์ของปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไข เพื่อให้ นักเรียนทราบว่านักเรียนจะต้องทำอะไรบ้าง และ นักเรียนคิดว่าต้องใช้ความรู้เรื่องใดบ้างในการแก้ปัญหา
4	พื้นที่ผิวของปริซึม (การ จัดการเรียนรู้แบบ ร่วมมือ เทคนิค JIGSAW)	เพิ่มจำนวนสื่อการเรียนรู้ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน ในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 2

เน้นอธิบายการเขียนข้อความคาดการณ์เพิ่มเติมให้
นักเรียนทราบว่า “ข้อความคาดการณ์ เป็นข้อความที่
เขียนในลักษณะของข้อความที่เป็นข้อความทั่วไป
หรือข้อความในภาพรวม ที่สามารถสื่อสารให้เข้าใจ
ได้ถึงการพื้นที่ผิวของปริซึมทุกชนิด” เพื่อให้ช่วยให้
นักเรียนบางกลุ่มสามารถเขียนข้อความใน

ตาราง 24 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		ลักษณะดังกล่าว แทนการเขียนข้อความคาดการณ์การหาพื้นที่ผิวของปริซึมแยกตามชนิด อันเนื่องมาจากชนิดของปริซึมที่ใช้ในกิจกรรมการหาพื้นที่ผิวของปริซึมได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยม และปริซึมหกเหลี่ยม
5	ปริมาตรของปริซึม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เน้นอธิบายการเขียนข้อความคาดการณ์เพิ่มเติมในลักษณะเดียวกันกับกิจกรรมที่ 4 อันเนื่องมาจากชนิดของปริซึมที่ใช้ในกิจกรรมการหาปริมาตรของปริซึมได้แก่ ปริซึมสามเหลี่ยม ปริซึมสี่เหลี่ยม และปริซึมหกเหลี่ยม
6	พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า (การจัดการเรียนรู้แบบ ค้นพบด้วยการแนะทาง)	ควรเน้นและย้ำสถานการณ์ของปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขในการทำงานเดียวกันกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เน้นอธิบายการเขียนข้อความคาดการณ์เพิ่มเติมในลักษณะเดียวกันกับกิจกรรมที่ 4 อันเนื่องมาจากชนิดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่ใช้ในกิจกรรมการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดดังกล่าวได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า
7	ปริมาตรของพีระมิด (การเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค JIGSAW)	เพิ่มจำนวนสื่อการเรียนรู้ให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน ในทำงานเดียวกันกับกิจกรรมที่ 2 เน้นอธิบายการเขียนข้อความคาดการณ์เพิ่มเติมในลักษณะเดียวกันกับกิจกรรมที่ 4 อันเนื่องมาจากชนิดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่ใช้ในกิจกรรมการหาปริมาตรของพีระมิดดังกล่าวได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า

ตาราง 24 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
8	พื้นที่ผิวของทรงกระบอก (การจัดการเรียนรู้แบบการค้นพบด้วยการแนะแนวทาง)	เน้นย้ำสถานการณ์ของปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3
10	พื้นที่ของกรวย (การจัดการเรียนรู้แบบการค้นพบด้วยการแนะแนวทาง)	เน้นย้ำสถานการณ์ของปัญหาที่นักเรียนจะต้องแก้ไขในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 เพิ่มการติดตัวอย่างของจริงบนกระดานหน้าห้องเรียนเพื่อแสดงให้เห็นนำกระดาษวงกลมมาแบ่งเป็นรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งจำนวน 8 ชิ้น แล้วนำมาประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เพื่อให้นักเรียนมีตัวอย่างและสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาค้นหาพื้นที่ผิวข้างของกรวยได้
11	ปริมาตรของกรวย (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานช่วยทำให้เกิดความสนุกสนาน ตื่นเต้นกับการแข่งขันระหว่างกลุ่มว่ากลุ่มใดทำได้เร็วก่อนและทำได้ครบถ้วนและสมบูรณ์มากกว่ากัน ก็จะมีผลต่อคะแนน ดังนั้นผู้วิจัยต้องเน้นย้ำกับนักเรียนในการเขียนข้อความคาดการณ์ว่า กลุ่มใดที่เขียนได้ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุดย่อมจะได้คะแนนในส่วนนี้มากกว่าด้วยเช่นกัน ดังนั้นนักเรียนอย่ามุ่งเพียงทำให้เพียงทำให้เสร็จจะเร็วกว่ากลุ่มอื่นเพียงเท่านั้น จะต้องคำนึงถึงการเขียนข้อความคาดการณ์ที่สมบูรณ์มากที่สุดมาก่อน

ตาราง 24 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
12	พื้นที่ของทรงกลม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เปลี่ยนขนาดของเชือกที่ใช้ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อเวลาที่นักเรียนแกะเชือกนำมาขดลงบนกระดาดรูปวงกลมแล้ว จะมีความใกล้เคียงกับพื้นที่วงกลมรูปนั้นมากที่สุด และผู้วิจัยดูแลการทำกิจกรรมของนักเรียนอย่างใกล้ชิดโดยต้องย้ำข้อตกลงในการทำกิจกรรมกับนักเรียนว่า “จะต้องแกะค่อย ๆ แกะเชือกที่เปรียบเสมือนผิวของทรงกลมออกทีละส่วนแล้วนำไปติดวงกลมทีละแผ่น แล้วจึงค่อยแกะเชือกต่อแล้วนำไปติดบนแผ่นวงกลมที่นักเรียนเลือกจับคู่จนหมด” เพื่อให้นักเรียนเกิดการคาดการณ์ว่า “พื้นที่ผิวของทรงกลมมีความสัมพันธ์อย่างไรกับวงกลม” เพราะถ้านักเรียนแกะเชือกออกจนหมดภายในครั้งเดียวนักเรียนอาจไม่เกิดการสังเกตและสร้างข้อความคาดการณ์จากการนับจำนวนเชือกที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ
13	ปริมาตรของทรงกลม (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	อาจเปลี่ยนจากเมล็ดข้าวสารเป็นงาขาวหรืองาดำเพื่อให้การตรวจหาปริมาตรมีช่องว่างระหว่างเมล็ดธัญพืชน้อยลง ทำให้การตรวจมีความใกล้เคียงเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยลงกับปริมาตรที่แท้จริง
14	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (ปริมาตรของครึ่งทรงกลม) (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	เน้นย้ำเกี่ยวกับการเล่นเกมกับนักเรียนในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 11 คือการให้ความสำคัญในการเขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุด

ตาราง 24 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
15	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (พื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้จากการนำลูกบาศก์ที่มีขนาดเท่ากันมาต่อกัน) (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	เพิ่มแบบจำลองการต่อลูกบาศก์ของจริงจำนวน 6 ลูกที่นำมาต่อกันแล้วเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติแต่ไม่ใช่ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้สี่เหลี่ยมมุมฉาก 1-2 แบบ โดยวางไว้ที่ส่วนกลางของห้องเพื่อให้นักเรียนสามารถเดินมาดูเป็นการช่วยเหลือสำหรับนักเรียนบางกลุ่มที่ยังคงมีความสับสนในการนำลูกบาศก์ทั้ง 8 ลูกที่กำหนดมาต่อเป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากแบบต่างๆ ที่สามารถต่อได้ เน้นย้ำเกี่ยวกับการเล่นเกมกับนักเรียนในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 11 คือการให้ความสำคัญในการเขียนข้อความคาดการณ์ที่ครบถ้วนและสมบูรณ์มากที่สุด

จากตาราง 24 ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงของแต่ละกิจกรรม เนื่องจากจำนวนนักเรียนในการทำกิจกรรมมีมากขึ้น และเป็นการจัดกลุ่มที่มีการลดความสามารถของนักเรียน อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะเป็นการจัดกลุ่มในลักษณะดังกล่าว เพื่อเป็นการลดช่องว่างของความสามารถในเรียนคณิตศาสตร์โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับต่ำกับกลุ่มนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับปานกลางและระดับสูง ในภาพรวมของทุกกิจกรรม ผู้วิจัยควรมีการดำเนินการดังนี้

2.1 ในส่วนของการทำใบตรวจสอบความรู้ ผู้วิจัยควรมีการปรับข้อความของ ข้อคำถามให้มีความกระชับและชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจง่ายมากขึ้น พร้อมทั้งตัวเลขที่ใช้ในการคำนวณจะต้องคิดง่ายไม่ซับซ้อน (เพื่อลดปัญหาความสามารถในการคำนวณที่คาดว่าจะเป็นผู้สมัครในการตรวจสอบความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเกิดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในการทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรม) รวมทั้งมีรูปภาพประกอบเป็นภาพสี่ ขนาดของตัวเลขที่แสดงความยาวแต่ละส่วนของรูปเรขาคณิตสามมิติมีความชัดเจนในทุกข้อคำถาม เพื่อดึงดูดความสนใจและให้เกิดความเป็นรูปธรรม ทำให้ง่ายในการทำความเข้าใจของนักเรียนที่มีต่อข้อคำถามในใบตรวจสอบความรู้ ซึ่งจะทำให้นักเรียนทุกกลุ่มได้สะท้อนความรู้ความเข้าใจของตนเอง โดยมีอุปสรรคจากการคำนวณเข้ามามีผลให้น้อยที่สุด

2.2 ทุกกิจกรรมควรเพิ่มให้นักเรียนทุกคนในกลุ่มจดบันทึกข้อมูลของตนเองที่ได้จากการสังเกตและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการทำกิจกรรมนอกเหนือจากให้ตัวแทนจดบันทึกในใบกิจกรรม โดยนักเรียนแต่ละคนสามารถบันทึกข้อมูลที่นักเรียนคิดว่า “มีความสำคัญ และเป็นข้อมูลที่นักเรียนได้ค้นพบระหว่างการทำกิจกรรม” โดยผู้วิจัยแจกสมุดบันทึกให้กับนักเรียนทุกคนในกลุ่มคนละ 1 เล่ม และให้อิสระกับของนักเรียนในการจดบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นในแต่ละกิจกรรม (อาจเป็นจดบันทึกข้อมูลที่เป็นข้อความแบบสั้น ๆ สามารถใช้ทดเลขเพื่อคำนวณ และอื่น ๆ ซึ่งอาจจะยังไม่เป็นระเบียบเท่าที่ควร) เพื่อที่นักเรียนจะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวที่ได้มาแบ่งปันกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม และนักเรียนทุกคนในกลุ่มควรรับฟังข้อมูลและความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกทุกคนในกลุ่มโดยไม่สนใจว่าใครเก่งกว่าหรืออ่อนกว่า เกิดการรวบรวมข้อมูลนำไปสู่การเขียนข้อความของกลุ่มที่มีความครบถ้วนและสมบูรณ์ อีกทั้งเป็นการช่วยฝึกให้นักเรียนทุกคนเขียนข้อความหรือคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการเรียนรู้ในกิจกรรมแต่ละเรื่อง

ตอนที่ 3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม

สำหรับการหาประสิทธิภาพภาคสนาม มีความมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 11 คน ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 3 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 5 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 3 คน ที่ไม่ใช่ นักเรียนในกลุ่มหาประสิทธิภาพรายบุคคลและเป็นกลุ่มย่อย แล้วนำมาแบ่งเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มที่ 1-2 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน และกลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 1 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน โดยผู้วิจัยให้นักเรียนลงมือปฏิบัติตามลำดับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพภาคสนามแสดงดังตาราง 25

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์การหาประสิทธิภาพภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)			ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)			E1/E2
คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E1	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	E2	
54	42.95	79.54	27	22.10	81.76	79.54/81.76

จากตาราง 25 พบว่า ประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อยของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย 79.54/81.76 แสดงว่ากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยผลจากการหาประสิทธิภาพรายบุคคลที่ได้จากการลงมือปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม ทำให้เห็นถึงรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุง แสดงดังตาราง 26

ตาราง 26 รายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจากการหาประสิทธิภาพภาคสนามของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
1	ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ (การจัดการเรียนรู้แบบ 5E)	เนื่องจากจำนวนกลุ่มที่ทำกิจกรรมมีมากขึ้น อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานในแต่ละขั้นตอน จึงต้องปรับเวลาในการนำเสนอข้อมูลของนักเรียน โดยให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่จดบันทึกของตนเอง ผู้วิจัยแจ้งให้ทราบตั้งแต่กิจกรรมที่ 1 ว่านักเรียนควรที่จะจดบันทึกข้อมูลที่ตามความเข้าใจของตนเองและนำข้อมูลในใบกิจกรรมมานำเสนอเฉลี่ยกลุ่มละไม่เกิน 1-2 นาทีและผู้วิจัยคอยสังเกตการถาม

ตาราง 26 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
		คำถามของนักเรียนโดยจะต้องไม่เป็นคำถามเดียวกัน และช่วยกระตุ้นให้นักเรียนถามคำถามที่จะทำให้ นักเรียนสามารถสังเกตเห็นถึงความเหมือนและความแตกต่างของ รูปเรขาคณิตสามมิติแต่ละชนิด เพื่อเป็นการควบคุมเวลา และเหลือเวลาในการให้ทุกกลุ่มช่วยกันสรุปข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปสู่การเขียนข้อความคาดการณ์ของกลุ่มตนเอง
2	ข้อความคาดการณ์ของ ปริซึม และ พีระมิด (จำนวนสันหรือเส้นขอบ ของปริซึมและพีระมิด) (การจัดการเรียนรู้แบบ ร่ว ม มี อ เท ค นิ ค JIGSAW)	เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่มารวมกันในกลุ่มเชี่ยวชาญมี จำนวนมากขึ้น โดยกลุ่มเชี่ยวชาญที่มีสมาชิกเป็นนักเรียน ที่มีความสามารถระดับต่ำและระดับปานกลางมารวมกัน ดังนั้นควรจะต้องแบ่งกลุ่มย่อยในกลุ่มเชี่ยวชาญอีกทีให้ พุดคุยกันแต่ละกลุ่มย่อย อาจจับคู่แบบ 2 คน แบบThink pair shareก่อนแล้วนำความคิดเห็นมาแบ่งปันและหา ข้อสรุปของกลุ่มเชี่ยวชาญในหัวข้อที่ตนเองเลือกศึกษา
4	พื้นที่ผิวของปริซึม (การ จัด การ เรียน รู้ แบบ ร่ว ม มี อ เท ค นิ ค JIGSAW)	แบ่งกลุ่มย่อยในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 4 แล้วจึงนำ ความคิดเห็นมารวมกันอีกครั้ง
7	ปริมาตรของพีระมิด (การเรียนรู้แบบร่วมมือ เทคนิค JIGSAW)	แบ่งกลุ่มย่อยในทำนองเดียวกันกับกิจกรรมที่ 4 แล้วจึงนำ ความคิดเห็นมารวมกันอีกครั้ง

ตาราง 26 (ต่อ)

กิจกรรมที่	หน่วยการเรียนรู้	ปัญหาที่พบหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง
15	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (พื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้จากการนำลูกบาศก์ที่มีขนาดเท่ากันมาต่อกัน) (การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน)	เนื่องจากจำนวนนักเรียนที่ทำกิจกรรมมีจำนวนกลุ่มมากขึ้นทำให้การเล่นเกมที่ต้องรอให้ทุกกลุ่มเล่นเสร็จอาจทำให้ทำกิจกรรมไม่เสร็จในเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยต้องคอยสังเกตและให้ความช่วยเหลืออย่างทันท่วงทีในกลุ่มที่ยังคงมีความสับสนในการหาพื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่เกิดจากการนำลูกบาศก์ทั้ง 8 ลูกมาต่อกัน โดยให้คำแนะนำว่าให้นักเรียนสังเกตว่า "พื้นที่ส่วนที่เป็นพื้นที่ผิวด้านนอกของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก และส่วนที่เกิดจากการนำลูกบาศก์มาต่อดิดกันจะใช่พื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากหรือไม่" หากเบื้องต้นผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำด้วยการใช้คำถามกระตุ้นการสังเกตแล้วนักเรียนยังคงไม่สำเร็จ ผู้วิจัยควรจะต้องแจ้งให้นักเรียนทราบว่าให้เขียนข้อความคาดการณ์ตามความเข้าใจของกลุ่มตนเอง แต่จะ <u>ไม่ได้รับเหรียญคะแนน</u> ในขั้นตอนของการต่อทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากเนื่องจากต่อไม่ถูกต้องเลยแม้แต่ 1 แบบ เพื่อที่จะสามารถควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมในขั้นตอนของการเล่นเกมให้เสร็จใกล้เคียงกับที่วางแผนไว้และมีเวลาเหลือให้ทุกกลุ่มมาพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้ที่ได้จากการเล่นเกมมากขึ้น

จากตาราง 26 ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอรายละเอียดในส่วนที่ควรได้รับการพัฒนาและปรับปรุงของแต่ละกิจกรรม เนื่องจากจำนวนนักเรียนในการทำกิจกรรมมีมากขึ้น และเป็นการจัดกลุ่มที่มีการลดความสามารถของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนทุกระดับความสามารถเห็นความสำคัญของการทำงานร่วมกันเกิดความสามัคคีในการทำกิจกรรมทุกกิจกรรม รวมถึงเห็นคุณค่าของตนเองมีความตั้งใจในการทำกิจกรรมทุกกิจกรรม ในภาพรวมของทุกกิจกรรม ผู้วิจัยควรมีการดำเนินการดังนี้

3.1 การใช้สมุดบันทึกส่วนตัวและบันทึกข้อมูลค่อนข้างเป็นระบบมากกว่าการจดบันทึกของนักเรียนที่ใช้หาประสิทธิภาพในกลุ่มย่อย โดยผู้วิจัยจะขอความร่วมมือนักเรียนทุกคนเขียนบันทึกโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลที่ได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ และส่วนที่ 2 เป็นการเขียนข้อความคาดการณ์ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนทุกคนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งความสามารถดังกล่าวจะต้องอาศัยความสามารถใน 2 ด้าน คือ ด้านที่ 1 ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล และด้านที่ 2 ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ ดังนั้นจึงจำเป็นที่นักเรียนทุกคนควรจะต้องมีสมุดจดบันทึกของตนเอง และเขียนบันทึกข้อมูลที่ตนเองได้จากการสังเกตข้อมูลที่เกิดขึ้นในการทำกิจกรรม เพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูล แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่มของตนเอง และควรฝึกการเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเองก่อนแล้วจึงแบ่งปันข้อความคาดการณ์ของตนเอง เพื่อให้กลุ่มของตนเองได้ข้อมูลที่ครบถ้วนมากที่สุดและมาจากความคิดเห็นของทุกคนในกลุ่ม

3.2 การให้คะแนนข้อความคาดการณ์จะให้จากความสมบูรณ์ของข้อความคาดการณ์ที่ได้ ดังนั้นการเขียนข้อความคาดการณ์ที่สั้นในลักษณะของภาษาพูดหรือกระชับแม้ว่าจะเป็นจดจำง่ายเป็นเรื่องที่ดีทำให้เข้าใจง่ายในการสื่อสารระหว่างนักเรียนด้วยกัน แต่สำหรับในการเขียนตามหลักวิชาการนักเรียนจะต้องเขียนข้อความคาดการณ์ที่มีรายละเอียดครบถ้วนและสมบูรณ์ หากนักเรียนสับสนและกังวลว่าคำศัพท์เขียนมีความยาวจะเขียนได้ไม่ครบถ้วน นักเรียนสามารถสังเกตจากคำถามหรือหัวตาราง โดยหัวตารางแต่ละช่องจะมีคำศัพท์ที่จะนำมาเขียนข้อความคาดการณ์ปรากฏอยู่ที่ใบกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละกิจกรรม

3.3 การนำเสนอข้อความคาดการณ์ของแต่ละกลุ่ม ควรสลับสับเปลี่ยนให้สมาชิกทุกคนได้มีโอกาสได้เป็นตัวแทนกลุ่มในการนำเสนอ เพื่อให้นักเรียนทุกระดับความสามารถเกิดความภาคภูมิใจและเห็นความสำคัญและใส่ใจในการทำกิจกรรมทุก ๆ กิจกรรม ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถจดจำข้อความคาดการณ์ได้มากยิ่งขึ้นเนื่องจากตนเองได้เป็นมีโอกาสนำเสนอและต้องเตรียมตัวให้พร้อมทุกกิจกรรมเพราะตนเองอาจจะต้องเป็นผู้นำเสนอ

3.4. การควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของแต่ละกิจกรรมต้องมีความกระชับ และสามารถยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม และผู้วิจัยจะต้องคอยสังเกตนักเรียนและเข้าช่วยเหลือทันที เพื่อให้กิจกรรมสามารถดำเนินการไปได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ แล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และตอนที่ 2 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ตอนที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ในการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์คะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคล และคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อพิจารณาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในภาพรวมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัยโดยใช้สถิติทดสอบทีวินามเพื่อตรวจสอบและแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ในการวิเคราะห์ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยนำคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 27

ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

แหล่งที่มาของคะแนน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ()	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
1. ใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3	60	44.28	73.81	7.19
2. แบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	40	30.90	77.24	5.71
รวม	100	75.18	75.18	12.28

จากตาราง 27 พบว่า ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลเท่ากับ 44.28 คิดเป็นร้อยละ 73.81 ของคะแนนเต็ม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.19 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง เท่ากับ 30.90 คิดเป็นร้อยละ 77.24 โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.71 ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลและแบบทดสอบวัดในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง เท่ากับ 75.18 คิดเป็นร้อยละ 75.18 ของคะแนนเต็ม โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.28

1.2 การทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

เพื่อทดสอบสมมติฐานของการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยได้รวมคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลที่ 1-3 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง แล้วหาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยมากกว่าร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม หลังจากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย แสดงผลดังตาราง 28

ตาราง 28 ผลการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนนักเรียน (คน)	จำนวนนักเรียนที่มี ความสามารถในการให้เหตุผล แบบอุปนัยหลังการทดลอง สูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ)	p-value
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ในการทดลอง	24	19 (79.17)	0.0134*

*ที่ระดับนัยสำคัญ .05

จากตาราง 28 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีระดับนัยสำคัญ .05

ตอนที่ 2 พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ในการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ผู้วิจัยทำการพิจารณาการแสดงออกในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนขณะลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ จากนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอผลการวิเคราะห์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมาย โดยการอธิบายพฤติกรรมของนักเรียนทั้งชั้นและนักเรียนเป้าหมายจำนวน 4 คน โดยมีนามสมมติ ดังนี้

คนที่ 1 นานา เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง มีความตั้งใจ ชอบแสดงความคิดเห็น มั่นใจกล้าแสดงออก ชอบซักถามเมื่อมีข้อสงสัยและชอบอธิบายสิ่งต่าง ๆ ให้เพื่อนฟัง

คนที่ 2 สิงหาและคนที่ 3 กระป๋อง เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนปานกลาง มีความตั้งใจ ชอบคิดและซักถามบ้างเมื่อมีข้อสงสัย

คนที่ 4 ลานนา เป็นนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ชอบคิดบ้างเล็กน้อย ชอบฟังความคิดเห็นของเพื่อนสมาชิกในกลุ่ม แต่มีความตั้งใจและชอบซักถามเมื่อมีข้อสงสัย

สำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยจำนวน 1 คน ร่วมกันวิเคราะห์ (1) ผลงานเขียนการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมาย ประกอบด้วย (2) ผลการสังเกตพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือปฏิบัติกิจกรรมของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย โดยมีแบบสังเกตพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในการบันทึกรายละเอียด และ (3) ผลการสัมภาษณ์ระหว่างผู้วิจัยและนักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยมีแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และกล้องวิดีโอที่ช่วยในการบันทึกรายละเอียดของพฤติกรรมเหล่านั้น

ในการอธิบายพฤติกรรมแต่ละด้านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยแบ่งกิจกรรมการเรียนรู้เป็น 3 ช่วง ดังนี้

ช่วงที่ 1 คาบเรียน 1 – 4 (คาบที่ 1-3 นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ และคาบที่ 4 นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ครั้งที่ 1 เป็นรายบุคคล)

ช่วงที่ 2 คาบเรียน 5 – 15 (คาบที่ 5-14 นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ และคาบที่ 15 นักเรียนทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ครั้งที่ 2 เป็นรายบุคคล)

ช่วงที่ 3 คาบเรียน 16 – 19 (คาบที่ 16-17 นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้ และคาบที่ 18 ทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ครั้งที่ 3 เป็นรายบุคคล และคาบที่ 19 ทำแบบทดสอบหลังเรียนเป็นรายบุคคล)

ในแต่ละช่วงของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก ผู้วิจัยพิจารณาเลือกจากคาบเรียนที่นักเรียนมีการแสดงออกของพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างเด่นชัดมาอธิบายรายละเอียดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ของนักเรียน ดังนี้

ช่วงที่ 1 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่ 1 มาอภิปรายว่า พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน เป็นอย่างไรบ้างในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้การสอนคณิตศาสตร์

ช่วงที่ 2 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียน 2 คาบ คือ คาบเรียนที่ 6 และคาบเรียนที่ 12 เนื่องจากช่วงที่ 2 ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกเป็นเนื้อหาของการหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ผู้วิจัยต้องการสังเกตพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งสองส่วนดังกล่าว จึงนำพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในคาบเรียนทั้งสองมาอภิปรายประกอบกันว่า พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนจะอะไรบ้างที่เปลี่ยนแปลง และเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ช่วงที่ 3 ผู้วิจัยเลือกคาบเรียนที่ 16 ซึ่งเป็นคาบเรียนสุดท้าย มาอภิปรายว่า พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนจะอะไรบ้างที่เปลี่ยนแปลงไปจากช่วงที่ 2 และยังแสดงอยู่อย่างสม่ำเสมอในช่วงที่ 3

ในส่วนของรายละเอียดของพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในด้านต่าง ๆ มีดังนี้

2.1 พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นเป้าหมาย ผู้วิจัยทำการพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่นำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไป

ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยสังเกตการณ์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมแสดงออกขณะ ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ อยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนอ่านคำชี้แจงในใบกิจกรรมการเรียนรู้และลงมือปฏิบัติสำรวจพร้อมกับสังเกตสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น (2) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลหรือข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของทุกกลุ่มมาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และ (3) นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) นักเรียนใช้เวลาในการอ่านคำชี้แจงมากขึ้น และสำรวจพร้อมสังเกตสื่อเรขาคณิตสามมิติในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากขึ้น

ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ" (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 5E) เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมการเรียนรู้พร้อมกับสื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วย (1) บัตรภาพสิ่งของในชีวิตประจำวันที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่ให้แต่ละกลุ่ม และ (2) สิ่งของในชีวิตประจำวันที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่เป็นของจริงที่วางไว้ตรงกลางของห้อง โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มทำการสำรวจพร้อมกับสังเกตสิ่งของในชีวิตประจำวันที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่ได้รับแล้วจัดกลุ่มสิ่งของดังกล่าวตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติที่นักเรียนรู้จัก (ตามประสบการณ์หรือความรู้เดิมของตนเอง) พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรม ดังนี้ (1) นักเรียนจะเปิดหน้าตารางบันทึกข้อมูลทันที และจะใช้บัตรภาพสิ่งของที่มองเห็นเพียงสองมิติในการจัดกลุ่มสิ่งของตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติเป็นหลักมากกว่าการใช้สิ่งของที่เป็นของจริงมาช่วยในการจัดกลุ่ม ซึ่งสิ่งของที่เป็นของจริงสามารถสัมผัสและมองเห็นลักษณะและส่วนต่าง ๆ ได้ชัดเจน เพราะมีความเป็นรูปสามมิติและมองได้รอบด้านมากกว่าการพิจารณาเพียงบัตรภาพสิ่งของที่เป็นรูปเรขาคณิตสองมิติ (2) นักเรียนมีการสำรวจสังเกตลักษณะจากสิ่งของที่เป็นของจริงเพียงผิวเผิน แต่ขาดการลงรายละเอียดเปรียบเทียบส่วนประกอบของสิ่งของแต่ละชิ้นเพื่อจัดอยู่ในกลุ่มรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดเดียวกัน และ (3) นักเรียนขาดการอ่านคำชี้แจงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสำรวจพร้อมกับสังเกตสื่อเรขาคณิตสามมิติของจริงทุกชิ้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของสิ่งของที่เป็นของจริงมาใช้ในการจัดกลุ่มสิ่งของตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติ อย่างไรก็ตามจำนวนกลุ่มของนักเรียนครึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มทั้งหมดสามารถจัดกลุ่มของสิ่งของตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ถูกต้อง สำหรับนักเรียนเป้าหมาย

ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา แม้ว่าจะมีพฤติกรรมในการทำกิจกรรมการเรียนรู้คล้ายกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ที่กล่าวถึง แต่ยังคงก็สามารถจัดสิ่งของตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ถูกต้องทั้งหมด เนื่องจากกระป๋องกับลานนาจะเดินไปหยิบสิ่งของที่เป็นของจริงมาให้สมาชิกในกลุ่มพิจารณาเพิ่มเติมในกรณีที่ไม่แน่ใจว่าสิ่งของในบัตรภาพเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดใดเพื่อให้สามารถจัดกลุ่มสิ่งของได้ถูกต้อง

ต่อจากนั้นช่วงที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด (พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (GDL)) และคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” (ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL)) นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกของแต่ละคาบเรียนดังนี้

คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด” เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับใบกิจกรรมการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ คือ แบบจำลองพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า กลุ่ม 3 ชนิด ได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า โดยให้กลุ่มแต่ละกลุ่มเลือก 1 ชนิด พบว่ากลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรม ดังนี้ (1) นักเรียนจะให้ความสนใจกับพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่กลุ่มตนเองได้เลือกมากขึ้น มีการสำรวจพิจารณาส่วนประกอบของพีระมิดด้วยการจับหมุนดูส่วนต่าง ๆ มากขึ้น (2) นักเรียนจะเริ่มคำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิดตามที่กลุ่มตนเองได้เลือกเพื่อบันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลทันทีแต่ยังคงขาดการอ่านค่าชี้แจงอย่างละเอียด โดยในการคำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิดนักเรียนจะดูข้อมูลจากภาพส่วนประกอบที่ให้เท่านั้น แต่มีการคลี่พีระมิดออกมาเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติตามคำแนะนำของครูเพื่อมาใช้ดูประกอบมากขึ้นแต่เป็นการดูแบบเบื้องต้นเท่านั้น และ (3) นักเรียนไม่ได้นำรูปคลี่ที่ได้จากการแกะแบบจำลองมาพิจารณาร่วมกับภาพที่แสดงรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของพีระมิดที่ใช้ในการคำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิด รวมถึงยังไม่ได้ใช้รูปคลี่ที่ได้มาช่วยในการสังเกตหน้าข้างของพีระมิดที่เป็นรูปสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการมาช่วยในการคำนวณหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดสำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนาก็ลงมือปฏิบัติเช่นเดียวกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ แต่สมาชิกของนักเรียนเป้าหมายมีการนำรูปคลี่มาช่วยในการอธิบายส่วนประกอบของการหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดมากขึ้น นั่นคือ สิงหาอธิบายสูงเอียงของพีระมิดโดยชี้ที่รูปคลี่ให้กับกระป๋องที่สงสัยว่าเป็นส่วนใดของพีระมิด นอกจากนี้สิงหายังได้ชี้ที่รูปคลี่ว่าส่วนใดเป็นพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดให้กับสมาชิกทุกคนได้ดูประกอบกับผลการคำนวณที่ได้

คาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ในการเล่นเกม ประกอบด้วย กรวย 2 ขนาด ทรงกระบอก 3 ขนาด และ (2) ใบเอกสารวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกม พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรม ดังนี้ (1) นักเรียนอ่านคำชี้แจงวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกมรวมถึงอ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้ว่าจะต้องบันทึกข้อมูลใดลงในตารางบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดมากขึ้น เนื่องจากมีผลต่อการแพ้ชนะในการเล่นเกม (2) จากนั้นนักเรียนมีการสำรวจพร้อมกับสังเกตรายละเอียดของอุปกรณ์ในการเล่นเกมอย่างละเอียดมากขึ้น โดยนักเรียนจับคูนํากรวยแต่ละอันกับทรงกระบอกด้วยการนํารูานของกรวยแต่ละอันไปวัดทาบกับฐานของทรงกระบอกเพื่อตรวจสอบว่าจับคู่ได้ถูกต้องหรือไม่ และทำการตรวจฉันทพิชจากกรวยไปใส่ทรงกระบอกที่จับคู่เพื่อเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างกรวยกับทรงกระบอกที่จับคู่กัน และ (3) ต่อมานักเรียนตรวจสอบการจับคู่อีกครั้งเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติม โดยนักเรียนนํากรวยวางคู่กับทรงกระบอกเพื่อดูว่าความสูงของทรงกระบอกเท่ากับความสูงของกรวยหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้นบันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปเขียนข้อความคาดการณ์ต่อไป สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนาก็ลงมือปฏิบัติเช่นเดียวกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ โดยมีกระป๋องและลานนาเป็นคนจับคูนํากรวยและทรงกระบอก และทำการตรวจฉันทพิช ซึ่งนานาและสิงหาจะช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของการจับคู่ของกรวยและทรงกระบอก จากนั้นทุกคนในกลุ่มช่วยกันสรุปข้อมูลที่ไดจากการจับคู่เพื่อนำไปเขียนข้อความคาดการณ์ต่อไป

ในช่วงท้ายที่สุดของกิจกรรม คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน (GBL)) เมื่อนักเรียนได้รับใบกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ ประกอบด้วย (1) อุปกรณ์ในการเล่นเกม ประกอบด้วย ถ้วยครึ่งทรงกลม 2 ขนาด กรวยกระดาศ 4 ขนาด และ (2) ใบชี้แจงวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกม พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีพฤติกรรม ดังนี้ (1) นักเรียนให้ความสำคัญกับการอ่านคำชี้แจงกติกาในการเล่นเกมรวมถึงอ่านใบกิจกรรมการเรียนรู้ว่าจะต้องบันทึกข้อมูลใดลงในตารางบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีผลต่อการแข่งขันในการเล่นเกม (2) จากนั้นเมื่อนักเรียนอ่านวิธีการและกติกาการเล่นเกมจนดีเข้าใจแล้ว นักเรียนทำการสำรวจอุปกรณ์การเล่นเกมพร้อมทั้งให้ความสำคัญในสังเกตรายละเอียดของการจับคู่ครึ่งทรงกลมกับกรวยที่ให้นํามีหลายขนาด โดยนําดครึ่งทรงกลมส่วนที่เป็นหน้าตัดมาประกบกับฐานของกรวยแล้วทดลองตรวจซ้ำเพื่อตรวจสอบว่าจับคู่ได้ถูกต้องหรือไม่ และทำการตรวจซ้ำสารจากครึ่ง

ทรงกลมไปใส่กรวยที่จับคู่ เพื่อเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างครึ่งทรงกลมกับกรวยจับคู่กัน และ (3) ต่อมาตรวจสอบเพิ่มเติมโดยนักเรียนวางครึ่งทรงกลมคู่กับกรวยเพื่อดูว่าความสูงของกรวย เท่ากับความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของหน้าตัดของครึ่งทรงกลมหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะนำข้อมูลที่ได้บันทึกข้อมูลลงในตารางบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปเขียนข้อความคาดการณ์ต่อไป สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนาถึงมือปฏิบัติเช่นเดียวกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ โดยมีกระป๋องและลานนาเป็นคนจับคู่ครึ่งทรงกลมและกรวย และทำการตวงข้าวสาร ซึ่ง นานาและสิงหาจะช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องของการจับคู่ของครึ่งทรงกลมและกรวย จากนั้นทุกคนในกลุ่มช่วยกันสรุปข้อมูลที่ได้จากการจับคู่เพื่อนำไปเขียนข้อความคาดการณ์ต่อไป

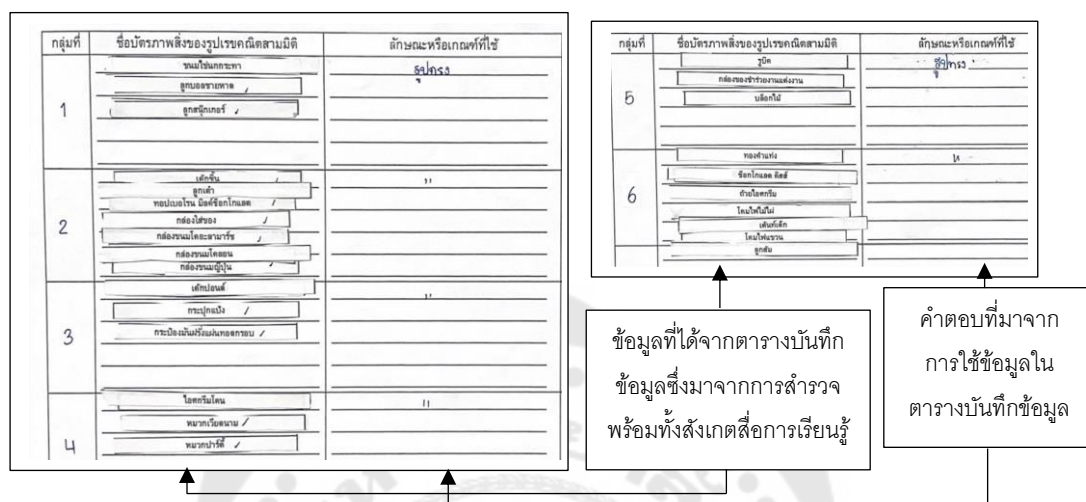
จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า ช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญกับการอ่านคำชี้แจงในใบกิจกรรมการเรียนรู้รวมถึงมีความใส่ใจในการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตใช้สื่อที่เป็นของจริงค่อนข้างน้อย โดยมีการสังเกตสื่อที่เป็นของจริงเพียงผิวเผินและยังขาดการเปรียบเทียบรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่จะช่วยในการจัดกลุ่มสิ่งของตามชนิดของรูปร่างลักษณะสามมิติ และจะใช้เพียงรูปภาพสิ่งของที่ได้รับในการจัดกลุ่มสิ่งของในการทำกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ สำหรับในช่วงที่ 2 กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตรายละเอียดสื่อการเรียนรู้รูปร่างลักษณะสามมิติและมีการอ่านรายละเอียดของคำชี้แจงในใบกิจกรรมอย่างละเอียดมากขึ้น มีการใช้ข้อมูลจากสำรวจพร้อมทั้งสังเกตของสื่อการเรียนรู้มาช่วยในการทำกิจกรรมมากขึ้น และในท้ายที่สุดนักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการอ่านรายละเอียดคำชี้แจงในใบกิจกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น รวมถึงให้ความสำคัญและใส่ใจในการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตรายละเอียดสื่อการเรียนรู้ที่รูปร่างลักษณะสามมิติใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น มีการใช้ข้อมูลจากสำรวจพร้อมทั้งสังเกตของสื่อการเรียนรู้มาช่วยในการทำกิจกรรมอย่างชัดเจนมากขึ้น โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเช่นนั้นจนสิ้นสุดกิจกรรม

(2) นักเรียนใช้ข้อมูลจากตารางบันทึก ซึ่งได้จากการสำรวจ สังเกต หรือทดลองกับสื่อการเรียนรู้ รวมถึงข้อมูลจากการอภิปรายกลุ่ม มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปร่างลักษณะสามมิติ" (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 5E) เป็นกิจกรรมที่จะต้องอาศัยการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้สิ่งของที่พบในชีวิตประจำวันโดยการใช้อุปกรณ์ที่แจกให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มรวมกับการให้นักเรียนสามารถหยิบสิ่งของที่เป็นของจริงมาดูประกอบ โดยนักเรียนจะต้องพิจารณาลักษณะของความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งของ

ต่าง ๆ เพื่อจัดกลุ่มสิ่งของทั้งหมด 26 ชิ้นตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติให้ถูกต้อง ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มจะนำสติ๊กเกอร์รายชื่อสิ่งของทั้ง 26 ชิ้นไปติดในตารางบันทึกข้อมูลตามที่ได้จัดกลุ่มตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติ พร้อมกับเขียนอธิบายลักษณะรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ หรือเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มสิ่งของลงในตารางบันทึกข้อมูลของกลุ่มตนเองซึ่งถือว่าเป็นการตอบคำถามของกิจกรรมนี้ ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ คือ กลุ่มของนักเรียนจำนวน 4 กลุ่มจากทั้งหมด 6 กลุ่ม สามารถเขียนอธิบายลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติแต่ละชนิดได้พอสมควร โดยสามารถเขียนแสดงรายละเอียดที่ให้เห็นว่า นักเรียนสามารถสังเกตเห็นลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีความเหมือนของสิ่งของที่จัดอยู่ในกลุ่มรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดเดียวกัน และลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่มีความแตกต่างของสิ่งของที่ไม่อยู่ในกลุ่มรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดเดียวกัน แต่การเขียนแสดงลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของนักเรียนแต่ละกลุ่มจะยังไม่สมบูรณ์ครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด เนื่องจากความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องจากประสบการณ์ความรู้เดิมของนักเรียน และภาษาที่ใช้ในการเขียนยังมีภาษาที่ไม่ใช่ภาษาที่เป็นวิชาการแต่เป็นภาษาของนักเรียนที่พยายามจะสื่อสารกับผู้วิจัย อีกทั้งกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการนำข้อมูลของกลุ่มตนเองที่ใช้ในการตัดสินใจตัดสินใจจัดกลุ่มของสิ่งของแต่ไม่เขียนรายละเอียดที่สังเกตเห็นออกมาเป็นหลักฐานในส่วนของคุณลักษณะหรือเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มอย่างสมบูรณ์และครบถ้วนมากที่สุด ขาดการพิจารณาคุณลักษณะรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ ของสิ่งของแต่ละชนิดอย่างละเอียด ใช้เพียงการพิจารณาในภาพรวมกว้าง ๆ เท่านั้น ขาดการพิจารณาคุณลักษณะรายละเอียดส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นส่วน ๆ อาทิเช่น หน้าตัดหรือฐาน หน้าด้านข้าง จุดยอดแหลม เป็นต้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และ ลานนา ก็เช่นเดียวกันกับกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ที่ยังขาดการพิจารณาคุณลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ของสิ่งของเป็นส่วน ๆ รวมถึงผลงานเขียนซึ่งเป็นผลงานของกลุ่มผ่านการแสดงความคิดเห็นร่วมกันเพื่อหาข้อสรุปแล้วนำมาเขียนในตารางบันทึกข้อมูล พบว่า ผลงานการเขียนของกลุ่มนี้ไม่อยู่ในกลุ่มส่วนใหญ่จำนวน 4 กลุ่มที่กล่าวมาข้างต้น นั่นคือ นักเรียนเป้าหมายมีการเขียนลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มสิ่งของตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติ แต่ขาดการเขียนรายละเอียดที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่แสดงความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งของต่าง ๆ ตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติ และไม่นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสิ่งของ และมีการตัดสินใจจัดกลุ่มของสิ่งของตามชนิดของรูป

เรขาคณิตสามมิติ มาใช้ในเขียนอธิบายลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มซึ่งถือว่าเป็นการตอบคำถามของกิจกรรมนี้ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ"

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 1 จะให้นักเรียนตัดสินใจว่าสิ่งของที่ให้มาจำนวน 5 ชิ้น สิ่งของชิ้นใดเป็นกรวยยอดตัด และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องลักษณะและส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัดพบว่า นานา และกระป๋องสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น ในส่วนของสิ่งหาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด และนานาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากขึ้น แต่ยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและครบถ้วนและขาดรายละเอียดอีกพอสมควร ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากขึ้น เนื่องจาก

ได้รับประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาแล้วจำนวน 3 กิจกรรม
ดังภาพประกอบ 5 – 8

ขั้นที่	หน้าตัดเป็นวงกลม 1 วง และมียอดแหลม	หน้าตัดสองหน้าเป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และไม่มีขนานกัน	หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง				ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่าง (พิจารณาจากรูป)		ผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ
			พื้นที่เท่ากัน	พื้นที่ไม่เท่ากัน	ขนานกัน	ไม่ขนานกัน	ยาวเท่ากันทุกเส้น	ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น	
1. ถ้วยมามา				✓	✓		✓		✓
2. โคมไฟเตทาน				✓	✓		✓		✓
3. กระป๋องนม			✓		✓		✓		✓
4. หมวกปาร์ตี้	✓						✓		✓
5. กระถางปูน		✓						✓	✓

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามาเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่ไม่เท่ากัน แต่ขนานกัน
และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม หน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้าง เป็นผิวโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของถ้วยมามาดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวยตัดยอด
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่ไม่เท่ากัน แต่ขนานกัน
และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม หน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้าง เป็นผิวโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวยตัดยอด
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่เท่ากัน และขนานกัน
และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม หน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้าง เป็นผิวโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ ทรงกระบอก
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด หนึ่งหน้าเป็นวงกลม 1 วง และ มียอดแหลม
และมีผิวข้าง เป็นผิวโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวย
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด สองหน้าเป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และ ไม่ขนานกัน
และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม หน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวไม่เท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้าง เป็นผิวโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ ไม่เป็นกรวยตัดยอด
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ภาพประกอบ 5 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามใน
แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่

ชั้นที่	หน้าตัดเป็นวงกลม 1 วง และมียอดแหลม	หน้าตัดสองหน้า เป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และไม่ใช่ขนานกัน	หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง				ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่าง (พิจารณาจากรูป)		ผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ
			พื้นที่เท่ากัน	พื้นที่ไม่เท่ากัน	ขนานกัน	ไม่ขนานกัน	ยาวเท่ากันทุกเส้น	ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น	
1. ถ้วยมามา		✓		✓	✓			✓	✓
2. โคมไฟเพดาน				✓	✓		✓		✓
3. กระป๋องนม			✓		✓		✓		✓
4. หมวกปาร์ตี้	✓						✓		✓
5. กระถางปูน		✓		✓		✓		✓	✓

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 ถ้วยมามาเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน และไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของถ้วยมามาดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด) ไม่เป็นกรวยยอดตัด

ชั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน แต่ไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยยอดตัด
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน และเท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... วงกลม 1 วง
 และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวย
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 1 และวงรี 1 ที่ไม่ขนานกันและไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด) ไม่เป็นกรวยยอดตัด

ภาพประกอบ 6 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่

4 ของสิ่งหา

ชั้นที่	หน้าตัดเป็นวงกลม 1 วง และมียอดแหลม	หน้าตัดสองหน้าเป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และไม่มีขนานกัน	หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง				ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่าง (พิจารณาจากรูป)		ผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ
			พื้นที่เท่ากัน	พื้นที่ไม่เท่ากัน	ขนานกัน	ไม่ขนานกัน	ยาวเท่ากันทุกเส้น	ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น	
1. ถ้วยมามา				✓	✓		✓		✓
2. โคมไฟเพดาน				✓	✓		✓		✓
3. กระป๋องนม			✓		✓		✓		✓
4. หมวกปาร์ตี้	✓						✓		✓
5. กระถางปูน		✓		✓		✓		✓	✓

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 ถ้วยมามาเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2 หน้าที่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน และเป็นวงกลมขนานกันและไม่มีส่วนหนึ่งของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนไปยังเส้นรอบวงของหน้าตัดด้านล่าง และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ... ซึ่งลักษณะของถ้วยมามาดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยเรขาคณิต

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ชั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2 หน้าที่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน และเป็นวงกลมขนานกันและไม่มีส่วนหนึ่งของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนไปยังเส้นรอบวงของหน้าตัดด้านล่าง และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยเรขาคณิต

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ชั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2 หน้าที่ไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน และเป็นวงกลมขนานกันและมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ชั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 1 หน้าเป็นวงกลมและ 1 หน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยม และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยเรขาคณิต

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ชั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 1 หน้าเป็นวงกลมอีก 1 หน้าเป็นรูปสี่เหลี่ยม และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ไม่เป็นกรวยตัดยอด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัดยอด/ไม่เป็นกรวยตัดยอด)

ภาพประกอบ 7 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง

ชั้นที่	หน้าตัดเป็น วงกลม 1 วง และมีมียอด	หน้าตัดสองหน้า เป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1	หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง		ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของ หน้าตัดด้านบนและด้านล่าง (พิจารณาจากรูป)		ผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ	
			พื้นที่	พื้นที่	ขนานกัน	ไม่ขนานกัน	ยาวเท่ากันทุกเส้น	ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ชั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....วงรี..... และมีผิวข้าง.....ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น..... และมีผิวข้าง.....ผิวโค้งเรียบ..... ซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็นลักษณะของ.....กรวยตัดยอด.....
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....วงรี..... และมีผิวข้าง.....ยาวไม่เท่ากัน..... และมีผิวข้าง.....ผิวโค้งเรียบ..... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ.....กรวยตัดยอด.....
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....วงรี..... และมีผิวข้าง.....ยาวไม่เท่ากันทุกเส้น..... และมีผิวข้าง.....ผิวโค้งเรียบ..... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ.....กรวยตัดยอด.....
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....วงรี..... และมีผิวข้าง.....ยาวไม่เท่ากัน..... และมีผิวข้าง.....ผิวโค้งเรียบ..... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ.....กรวย.....
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ชั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....วงรี..... และมีผิวข้าง.....ยาวไม่เท่ากัน..... และมีผิวข้าง.....ผิวโค้งเรียบ..... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ.....กรวยตัดยอด.....
(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ภาพประกอบ 8 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา

ต่อจากนั้นช่วงที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด (พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (GDL)) และคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” (ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL)) นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกของแต่ละคาบเรียนดังนี้

คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” เป็นกิจกรรมที่จะต้องแก้ปัญหาการออกแบบหลังคาทรงพีระมิดฐานหลายเหลี่ยม

ด้านเท่ามุมเท่า โดยนักเรียนจะได้รับการมอบหมายให้ช่วยคำนวณหาจำนวนกระเบื้องที่ใช้มุงหลังคาและแผ่นผ้าที่จะใช้ติดส่วนฐานของหลังคาพีระมิดที่เป็นหลังคาสาลานั่งเล่นในส่วนที่มีลักษณะเป็นพีระมิดฐานรูปเหลี่ยมต่าง ๆ นักเรียนจะต้องทราบข้อมูลใดจึงจะแก้ปัญหานี้ได้ ดังนั้นในการทำกิจกรรมนี้นักเรียนจะต้องวางแผนแก้ปัญหาโดยนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในการคำนวณหาพื้นที่ผิวของหลังคาพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าตามทีกลุ่มของตนเองได้เลือก 1 ชนิดจากทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า และความรู้เกี่ยวกับส่วนประกอบของพีระมิดมาใช้ประกอบการคำนวณหาพื้นที่ ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่มของนักเรียนทุกกลุ่มสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาใช้ในการตอบคำถามได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ยังคงมีคำตอบที่เขียนยังขาดความสมบูรณ์ครบถ้วน และตอบไม่ครบคำถามและยังไม่ถูกต้องทั้งหมด อีกทั้งมีการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลในส่วนของหัวตารางแต่ละช่องที่เป็นภาษาวิชาการมาช่วยในการเขียนคำตอบทำให้ได้คำตอบที่มีความเป็นภาษาวิชาการมากขึ้น และมีนักเรียนเพียงกลุ่มเดียวที่สามารถหาคำตอบได้ครบทุกคำถามและตอบถูกต้องทั้งหมด โดยนักเรียนกลุ่มนี้สามารถนำข้อมูลจากตารางมาใช้ในการตอบคำตอบแต่ยังขาดความสมบูรณ์เพียงบางส่วนเท่านั้น สำหรับตัวอย่างของการใช้ภาษาที่ยังไม่ถูกต้องหรือครบถ้วนสมบูรณ์ที่พบในผลงานเขียนของกลุ่มของนักเรียนและไม่นำข้อมูลจากตารางมาตอบคำถาม ได้แก่ (1) การเขียนคำว่า “สูง” แทนคำว่า “สูงเอียง” ในการตอบคำถามสำหรับการหาพื้นที่หน้าข้างของพีระมิด 1 หน้า หรือการหาพื้นที่ผิวข้างทั้งหมดของพีระมิด ซึ่งพบในบางกลุ่ม และ (2) การเขียนคำว่า “พีระมิด” แทนคำว่า “พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” ที่มีการเน้นขีด เส้นใต้ในหัวตารางเพราะเป็นคำสำคัญที่ต้องนำไปใช้เขียนข้อความคาดการณ์ ซึ่งพบการเขียนลักษณะในผลงานเขียนของทุกกลุ่ม สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา ก็เช่นเดียวกันกับกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ที่นักเรียนกลุ่มนี้มีการนำข้อมูลจากตารางมาใช้ในการตอบคำถามอย่างละเอียดมากขึ้น แต่ก็ยังขาดรายละเอียดการระบุคำสำคัญที่ขีดเส้นใต้ในหัวตารางรวมถึงยังมีรายละเอียดที่น่าสนใจ คือ การตอบคำถามบางข้อขาดการวิเคราะห์ข้อมูลแต่นำข้อมูลจากตารางมาเขียนตอบทันที (คำถามข้อ 1) ซึ่งข้อมูลที่นำมาไม่ถูกต้อง ควรจะเขียนว่า “พื้นที่หน้าข้าง 1 หน้าของพีระมิด” ดังภาพประกอบ 9

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าของกลุ่มตนเองแล้วทำการบินก็กข้อมูลและเติมข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

ชนิดของแบบจำลอง พีระมิดฐานหลายเหลี่ยม ตามฐานของพีระมิด	พื้นที่ผิวข้างของ แบบจำลองพีระมิด (ตร.ซม.)	พื้นที่ฐาน	พื้นที่ผิวทั้งหมดของ แบบจำลองพีระมิด พีระมิดฐานหลายเหลี่ยม ด้านเท่ามุมเท่า	ความยาวรอบฐานของ พีระมิดฐานหลายเหลี่ยม ด้านเท่ามุมเท่า × ความสูงของ พีระมิดฐานหลายเหลี่ยม ด้านเท่ามุมเท่า					
พีระมิดฐานสามเหลี่ยม ด้านเท่าที่มีความยาวด้าน ของฐาน 10 ซม. และ ความสูงของ 12 ซม. *	60	60	60	180	42.5	222.5	$30 \times 12 = 360$		
พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีความยาวด้านของฐาน 10 ซม. และความสูงของ 14 ซม.	70	70	70	280	100	380	$40 \times 14 = 560$		
พีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้าน เท่ามุมเท่าที่มีความยาว ด้านของฐาน 8 ซม. และ ความสูงของ 10 ซม. *	40	40	40	40	40	240	163.2	403.2	$48 \times 10 = 480$

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (ข้อ 1) – 2) นักเรียนทุกกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบก่อน จากนั้นแต่ละกลุ่มจึงทำข้อ 3) – 5) ต่อไป

- 1) การหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าในตารางใช้วิธีการใด นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร
มี คือ หาค่าพื้นที่ผิวข้างของแต่ละเหลี่ยมของแบบจำลอง $\times$ จำนวนด้านของฐาน
- 2) พื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ามีความสัมพันธ์กับข้อมูลในตารางช่องใด อย่างไร
ของ ความยาวรอบฐานของพีระมิด $\times$ ความสูงของพีระมิด
- 3) จากคำตอบที่ได้ในข้อ 1) – 2) นักเรียนสามารถเขียนสูตรการหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าได้อย่างไร
พื้นที่ผิวข้าง = จำนวนด้านของฐาน $\times$ ความสูงของพีระมิด
- 4) พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ามีส่วนอะไรบ้าง
มี 2 ส่วน ได้แก่ พื้นที่ฐานของพีระมิด และ พื้นที่ผิวข้างของพีระมิด

ภาพประกอบ 9 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า”

คาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องหาปริมาตรของกรวยโดยอาศัยความสัมพันธ์กับปริมาตรของทรงกระบอกที่มีส่วนประกอบบางส่วนที่เท่ากันซึ่งนักเรียนจะต้องค้นหาผ่านการเล่นเกมด้วยตนเองและแข่งขันกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านวิธีการและกติกาในการเล่นให้เข้าใจแล้วใช้อุปกรณ์การเล่นเกมที่แจกให้ในการสังเกตและรวบรวมข้อมูลนำข้อมูลที่ได้มาบันทึกในตารางบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการตอบคำถาม ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาใช้ในการตอบคำถามได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีผลต่อการแพ้ชนะในการเล่นเกมน ภาษาที่ใช้ในการเขียนคำตอบเป็นมีความเป็นภาษาวิชาการมากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ก็ยังขาดความสมบูรณ์

ครบถ้วนบางส่วน สำหรับตัวอย่างของผลงานเขียนที่ยังขาดความสมบูรณ์ครบถ้วนบางส่วนที่พบในบางกลุ่มของนักเรียน ได้แก่ (1) มีจำนวนนักเรียน 2 กลุ่มจากทั้งหมด 6 กลุ่มที่ขาดการเขียนเปรียบเทียบปริมาตรของกรวยกับปริมาตรของทรงกระบอกแต่จะเขียนสั้น ๆ ว่า “หนึ่งในสามของปริมาตรทรงกระบอก” หรือ “สามเท่าของปริมาตรของกรวย” (2) มีจำนวนนักเรียน 4 กลุ่มจากทั้งหมด 6 กลุ่มที่มีการเขียนตกหล่นไม่ครบถ้วนขาดคำว่า “ปริมาตร” แต่จะเขียนสั้น ๆ ว่า “กรวย” ซึ่งควรจะต้องเขียนให้ชัดเจนว่าพิจารณาปริมาตรของกรวย สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา ผลงานเขียนของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีการนำข้อมูลจากตารางมาใช้ในการตอบคำถามอย่างละเอียดมากขึ้น แต่การเขียนของนักเรียนจะค่อนข้างสรุปคำตอบและยังขาดรายละเอียดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งสามารถเขียนได้รายละเอียดที่ครบถ้วนมากกว่า เช่น เขียนว่า “สามเท่าของกรวย” รวมถึงขาดการเขียนเปรียบเทียบระหว่างปริมาตรของกรวยกับปริมาตรของทรงกระบอกโดยเขียนว่า “หนึ่งในสามของปริมาตรทรงกระบอก” ดังภาพประกอบ 10

ผู้ทำ	ตัวประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติ	ระบุส่วนประกอบของกรวยและทรงกระบอกที่เหมือนกัน	จำนวนครั้งที่ใช้กรวยและปริมาตรของกรวยได้	ปริมาตรที่ได้จากการตั้งด้วยกรวย 1 ครั้งคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรทรงกระบอก
1	กรวยพีธิดี... พื้นที่ฐานของกรวยเท่ากับ 154 ตร.ซม. ความสูงของกรวยเท่ากับ 20 ซม.	ทรงกระบอกพีธิดี... พื้นที่ฐานของทรงกระบอกเท่ากับ 154 ตร.ซม. ความสูงของทรงกระบอกเท่ากับ 20 ซม. ปริมาตรของทรงกระบอกเท่ากับ 3080 ลบ.ซม.	พื้นที่ฐาน และ ความสูง	3 ครั้ง $\frac{1}{3}$
2	กรวยพีธิดี... พื้นที่ฐานของกรวยเท่ากับ 35.5 ตร.ซม. ความสูงของกรวยเท่ากับ 16 ซม.	ทรงกระบอกพีธิดี... พื้นที่ฐานของทรงกระบอกเท่ากับ 35.5 ตร.ซม. ความสูงของทรงกระบอกเท่ากับ 16 ซม. ปริมาตรของทรงกระบอกเท่ากับ 616 ลบ.ซม.	พื้นที่ฐาน และ ความสูง	3 ครั้ง $\frac{1}{3}$

(1) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน จะต้องใช้ในการตั้งกี่ครั้ง
3 ครั้ง

(2) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็นเท่าของปริมาตรของกรวย
3 เท่าของกรวย

(3) จากข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ (2) ปริมาตรของกรวยคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของทรงกระบอก
 $\frac{1}{3}$ ของปริมาตรของทรงกระบอก

ภาพประกอบ 10 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 "ปริมาตรของกรวย"

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียน เป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรม ช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดง พฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนออกแบบหมวกปาร์ตี้ซึ่งมี ลักษณะเป็นกรวย และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบ คำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า สิ่งหา สามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่าง ละเอียดมากยิ่งขึ้นและสมบูรณ์มากที่สุด ในส่วนของนানা และกระป๋องสามารถนำข้อมูลที่ได้จาก ตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ยังขาด รายละเอียดบางส่วนที่ควรระบุให้ครบถ้วนว่าเป็นพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวย โดยเฉพาะ ลานนาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบ ได้ อย่างละเอียดมากขึ้น แต่ยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและครบถ้วนและขาดรายละเอียดอีกพอสมควร ซึ่ง จะเห็นได้ว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมา ช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากขึ้น เนื่องจากได้รับประสบการณ์ในการทำ กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดังภาพประกอบ 11-14

หมวกใบที่	ความยาวรัศมี (R) ของฐานหมวก กรวย (ซม.)	ความยาวของ สูงเอียง (L) ของ หมวกกรวย (ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวย $\pi \times R \times L$ (ตร.ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบใหม่ คิดเป็นกี่เท่าของพื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวยใบเดิมใบที่ 1
ใบเดิม ใบที่ 1	7	40	880	
ใบใหม่ ใบที่ 2	$2 \times 7 = 14$	40	1,760	2
ใบใหม่ ใบที่ 3	$3 \times 7 = 21$	40	2,640	3
ใบใหม่ ใบที่ 4	$4 \times 7 = 28$	40	3,520	4

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอก
หมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 2 เท่ากัน.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 3 เท่ากัน.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 4 เท่ากัน.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 11 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบ
คำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ใน
คาบเรียน ที่ 15 ของนานา

หมวดหมู่ใบที่	ความยาวรัศมี (R) ของฐานหมวดหมู่กรวย (ซม.)	ความยาวของ สูงเอียง (L) ของ หมวดหมู่กรวย (ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวดหมู่กรวย $\pi \times R \times L$ (ตร.ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวดหมู่กรวยใบใหม่ คิดเป็นกี่เท่าของพื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวดหมู่กรวยใบเดิมใบที่ 1
ใบเดิม ใบที่ 1	7	40	880 ตร.ซม.	
ใบใหม่ ใบที่ 2	$2 \times 7 = 14$	40	1,760 ตร.ซม.	คิดเป็น 2 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 3	$3 \times 7 = 21$	40	2,640 ตร.ซม.	คิดเป็น 3 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 4	$4 \times 7 = 28$	40	3,520 ตร.ซม.	คิดเป็น 4 เท่า

หมวดหมู่กรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวดหมู่ใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวดหมู่กรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวดหมู่ใบที่ 2 เท่ากับ.....ความสูงเอียงของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวดหมู่กรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวดหมู่ใบที่ 3 เท่ากับ.....ความสูงเอียงของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวดหมู่กรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวดหมู่ใบที่ 4 เท่ากับ.....ความสูงเอียงของหมวดหมู่ใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวดหมู่กรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 12 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่

หมวกใบที่	ความยาวรัศมี (R) ของฐานหมวก กรวย (ซม.)	ความยาวของ สูงเอียง (L) ของ หมวกกรวย (ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวย $\pi \times R \times L$ (ตร.ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบใหม่ คิดเป็นกี่เท่าของพื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวยใบเดิมใบที่ 1
ใบเดิม ใบที่ 1	7	40	๘๘๐	
ใบใหม่ ใบที่ 2	$2 \times 7 = 14$	40	๑๗๖๐	เป็น 2 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 3	$3 \times 7 = 21$	40	๒๖๔๐	เป็น 3 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 4	$4 \times 7 = 28$	40	๓๕๒๐	เป็น 4 เท่า

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 2 เท่าๆ.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 3 เท่าๆ.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
- พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 4 เท่าๆ.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 13 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสริมกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระป๋อง

หมวกใบที่	ความยาวรัศมี (R) ของฐานหมวก กรวย (ซม.)	ความยาวของ สูงเอียง (L) ของ หมวกกรวย (ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวย $\pi \times R \times L$ (ตร.ซม.)	พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบใหม่ คิดเป็นกี่เท่าของพื้นที่ผิวข้างด้านนอก หมวกกรวยใบเดิมใบที่ 1
ใบเดิม ใบที่ 1	7	40	880 ตร.ซม.	
ใบใหม่ ใบที่ 2	$2 \times 7 = 14$	40	1760 ตร.ซม.	2 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 3	$3 \times 7 = 21$	40	2640 ตร.ซม.	3 เท่า
ใบใหม่ ใบที่ 4	$4 \times 7 = 28$	40	3520 ตร.ซม.	4 เท่า

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอก
หมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 2 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 2 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....หมวกใบใหม่ใบที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

2. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 21 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบ (เดิมใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 3 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....หมวกใบใหม่ใบที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

3. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 28 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบ (เดิมใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 4 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....หมวกใบใหม่ใบที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 14 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถาม ใน
แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่

ในช่วงท้ายที่สุดของกิจกรรม คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน (GBL)) เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องหาปริมาตรของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยความสัมพันธ์กับปริมาตรของกรวยที่มีส่วนประกอบบางส่วนที่เท่ากันซึ่งนักเรียนจะต้องค้นหา ผ่านการเล่นเกมนด้วยตนเองและแข่งขันกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านวิธีการและกติกาในการเล่นให้เข้าใจแล้วใช้อุปกรณ์การเล่นเกมที่แจกให้ในการสังเกตและรวบรวมข้อมูลนำข้อมูลที่ได้มาบันทึกในตารางบันทึกข้อมูล เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาช่วยในการตอบคำถาม ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พบว่า กลุ่มของนักเรียนทุกกลุ่มให้ความสำคัญและใส่ใจในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากมีผลต่อการแพ้ชนะในการเล่นและเป็นกิจกรรมท้าย ๆ ของการวิจัย ภาษาที่ใช้ในการเขียนคำตอบมีความเป็นภาษาวิชาการ แต่ก็ยังขาดความสมบูรณ์ครบถ้วนอีกเล็ก ๆ น้อย ๆ ตัวอย่างเช่น เขียนคำว่า “รัศมีของครึ่งทรงกลม” ซึ่งควรจะเขียนว่า “ความยาวของรัศมีของครึ่งทรงกลม” เขียนคำว่า “รัศมีของฐานกรวย” ซึ่งควรจะเขียนว่า “ความยาวของรัศมีของฐานกรวย” เขียนคำว่า “เส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งทรงกลม” ซึ่งควรจะเขียนว่า “ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งทรงกลม” จะครบถ้วนและสมบูรณ์มากกว่า และมีเพียง 1 กลุ่มที่ตอบคำถามโดยขาดข้อมูลที่สำคัญไปบางส่วน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเขียนข้อความคาดการณ์ คือ ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของครึ่งทรงกลมเท่ากับความสูงของกรวย อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มนี้มีการตอบคำถามที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ โดยตอบว่า “ปริมาตรเท่ากัน” ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาใช้ในการตอบคำถาม สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋องและลานนา ผลงานเขียนของนักเรียนแสดงให้เห็นว่า นักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจนำข้อมูลจากตารางมาใช้ในการตอบคำถามอย่างละเอียดมากขึ้น ผลงานการเขียนของนักเรียนมีรายละเอียดครบถ้วนค่อนข้างสมบูรณ์ขาดรายละเอียดเพียงเล็กน้อยเหมือนกับกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ แต่มีความน่าสนใจในการนำความรู้ในกิจกรรมอื่น ๆ ที่ผ่านมาแล้วมาใช้ในการตอบคำถาม คือ การใช้คำว่า “พื้นที่ของวงกลมใหญ่ของครึ่งทรงกลม” แทนคำว่า “พื้นที่หน้าตัดของทรงกลม” ที่มีในตารางบันทึกข้อมูล ดังภาพประกอบ 15

ถ้วยเครื่องทรงกลม	จับคู่กับกรวย ที่มีลักษณะอย่างไร	จำนวนถ้วยเครื่องทรงกลม ที่ใช้ในการตักข้าว จน เต็มกรวยที่จับคู่	ปริมาตรของกรวยที่จับคู่มีค่าที่ลูกบาศก์เซนติเมตร (ปริมาตรกรวย เท่ากับ $\frac{1}{3} \times$ พื้นที่หน้าตัดของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย)
ขนาดที่ 1 อันเล็ก  รัศมีของทรงกลมเท่ากับ 6 ซม. พื้นที่หน้าตัดประมาณเท่ากับ 113 ตร.ซม.	กรวยสี.....สีน้ำเงิน รัศมีของกรวย เท่ากับ.....6.....ซม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 113..... ตร.ซม. ความสูงเท่ากับ 12.....ซม.	1	452 ลบ.ซม.
ขนาดที่ 2 อันใหญ่  รัศมีของทรงกลมเท่ากับ 9 ซม. พื้นที่หน้าตัดประมาณเท่ากับ 254 ตร.ซม.	กรวยสี.....สีแดง รัศมีของกรวย เท่ากับ.....9.....ซม. พื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 254..... ตร.ซม. ความสูงเท่ากับ 18.....ซม.	1	1,524 ลบ.ซม.

(1) ถ้วยเครื่องทรงกลมแต่ละขนาดจับคู่กับกรวยที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับเครื่องทรงกลมอย่างไร
(ระบุชื่อส่วนประกอบใดของกรวยที่เท่ากับส่วนประกอบของเครื่องทรงกลม)

- รัศมีของเครื่องทรงกลมจะเท่ากับรัศมีของฐานกรวย.....

- เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องทรงกลมจะเท่ากับค่าความสูงของกรวย.....

- พ.ท.ฐานของกรวยจะเท่ากับพ.ท.วงกลมในรูปของเครื่องทรงกลม.....

(2) จำนวนครั้งที่ใช้เครื่องทรงกลมในการตักข้าวจนเต็มกรวยที่จับคู่

1 ครั้งพอดี

ภาพประกอบ 15 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้คาบเรียนที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหาอุปราคาณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของเครื่องทรงกลม”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนเลือกถ้วยกรวยให้เหมาะสมกับการใส่เกล็ดน้ำแข็งอัดก้อนเป็นทรงกลม และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของทรงกลมและปริมาตรของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า กระป๋อง และลานนาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นและค่อนข้างสมบูรณ์มากที่สุด ในส่วนของนานา และสิงหาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วย

ในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่นานามีส่วนที่ไม่ถูกต้องและสิ่งหาเขียนรายละเอียดบางส่วนไม่ครบถ้วน ซึ่งจะเห็นได้ว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมายดังกล่าวสามารถนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามแบบทดสอบได้อย่างละเอียดมากขึ้น เนื่องจากได้รับประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ดังภาพประกอบ 16-19

กรณีที่	ปริมาตรเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม ($\frac{4}{3} \times 3 \times r \times r \times r$) (ลูกบาศก์นิ้ว) (ตอบเป็นจำนวนเต็ม)	จำนวนถ้วยกรวยที่ใช้ ใช้ในการใส่เกล็ดน้ำแข็งทรงกลม	ขนาดของกรวยที่ใช้ใส่ให้พอดี	ปริมาตรของถ้วยกรวย 1 ใบ ($\frac{1}{3} \times$ พื้นที่หน้าตัดของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย)
กรณีที่ 1 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 1 นิ้ว	4	2	รัศมี.....1..... นิ้ว ความสูง.....2..... นิ้ว	2
กรณีที่ 2 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 2 นิ้ว	32	2	รัศมี.....2..... นิ้ว ความสูง.....4..... นิ้ว	16
กรณีที่ 3 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 3 นิ้ว	108	2	รัศมี.....3..... นิ้ว ความสูง.....6..... นิ้ว	54

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เดิมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 1 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 1 นิ้ว และมีความสูง 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 1 นิ้ว ความสูง 2 นิ้ว

พื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว และมีความสูง 4 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว ความสูง 4 นิ้ว พื้นที่หน้าตัด 12 ตารางนิ้ว

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 3 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว และมีความสูง 6 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว ความสูง 6 นิ้ว พื้นที่หน้าตัด 27 ตารางนิ้ว

ภาพประกอบ 16 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่

กรณี	ปริมาตรเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม ($\frac{4}{3} \times 3 \times r \times r \times r$) (ลูกบาศก์นิ้ว) (ตอบเป็นจำนวนเต็ม)	จำนวนถ้วยกรวยที่ใช้ในการใส่เกล็ดน้ำแข็งทรงกลม	ขนาดของกรวยที่ใช้ใส่ให้พอดี	ปริมาตรของถ้วยกรวย 1 ใบ ($\frac{1}{3} \times$ พื้นที่หน้าตัดของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย)
กรณีที่ 1 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 1 นิ้ว	4 ลบ.น.	2	รัศมี.....1..... นิ้ว ความสูง.....2..... นิ้ว	2
กรณีที่ 2 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 2 นิ้ว	32 ลบ.น.	2	รัศมี.....2..... นิ้ว ความสูง.....4..... นิ้ว	16
กรณีที่ 3 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 3 นิ้ว	108 ลบ.น.	2	รัศมี.....3..... นิ้ว ความสูง.....6..... นิ้ว	54

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เดิมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 1 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 1 นิ้ว และมีความสูง 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมีเท่ากับทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมีเท่ากับทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม

ขนาดความสูงของกรวย

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 3 นิ้ว จะต้องใช้จำนวน 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมีเท่ากับ ทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม

ภาพประกอบ 17 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่

กรณี	ปริมาตรเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม ($\frac{4}{3} \times 3 \times r \times r \times r$) (ลูกบาศก์นิ้ว) (ตอบเป็นจำนวนเต็ม)	จำนวนถ้วยกรวยที่ใช้ ใช้ในการใส่เกล็ดน้ำแข็งทรงกลม	ขนาดของกรวยที่ใช้ใส่ให้พอดี	ปริมาตรของถ้วยกรวย 1 ใบ ($\frac{1}{3} \times$ พื้นที่หน้าตัดของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย)
กรณีที่ 1 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 1 นิ้ว	4	2	รัศมี...1 นิ้ว ความสูง...2 นิ้ว	2
กรณีที่ 2 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 2 นิ้ว	32	2	รัศมี...2 นิ้ว ความสูง...4 นิ้ว	16
กรณีที่ 3 เกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีรัศมี 3 นิ้ว	108	2	รัศมี...3 นิ้ว ความสูง...6 นิ้ว	54

กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 1 นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 1 นิ้ว และมีความสูง 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 1 ของกรวย = รัศมี 1 ของกรวย

และ ความสูงของกรวย = 2 เท่า ของรัศมี (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว และมีความสูง 4 นิ้วจึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 2 ของกรวย = รัศมี 2 ของกรวย

และ ความสูงของกรวย = 2 เท่า ของรัศมี

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 3 นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว และมีความสูง 6 นิ้วจึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 3 ของกรวย = รัศมี 3 ของกรวย

และ ความสูงของกรวย = 2 เท่า ของรัศมี

ภาพประกอบ 19 การนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล มาช่วยในการตอบคำถามในแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของลานนา

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า ช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญกับการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ หรือการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ผลงานเขียนตอบคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มจะยังขาดรายละเอียดและไม่สมบูรณ์ครบถ้วนและถูกต้องทั้งหมด และภาษาที่ใช้ในการเขียนยังมีภาษาที่ไม่ใช่ภาษาที่เป็นวิชาการ สำหรับในช่วงที่ 2 กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ หรือการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น การเขียนคำตอบยังขาดความครบถ้วนสมบูรณ์บางส่วนแต่ก็ดีกว่าในช่วงแรก ภาษาที่ใช้ในการเขียนมีความเป็นภาษาวิชาการมากขึ้นดีกว่าช่วงแรก และในท้ายที่สุดนักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ หรือการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น รวมถึงให้ความสำคัญและใส่ใจในการใช้ภาษาที่ใช้ในการเขียนมีความเป็นภาษาวิชาการอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นมีข้อบกพร่องเพียงเล็กน้อยเท่านั้นโดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเช่นนั้นจนสิ้นสุดกิจกรรม

(3) นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ" เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องจัดกลุ่มของสิ่งของทั้งหมด 26 ชิ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลในการเขียนอธิบายลักษณะหรือเกณฑ์ที่ใช้แบ่งตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปอภิปรายร่วมกันทุกกลุ่ม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเขียนข้อความคาดการณ์ของกิจกรรมนี้ต่อไป พบว่า จำนวนกลุ่มของนักเรียนครึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มของนักเรียนทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด ไม่สามารถจัดกลุ่มของสิ่งของทั้ง 26 ชิ้นตามชนิดของรูปเรขาคณิตสามมิติได้ถูกต้องทั้งหมด อาจเป็นเพราะขาดการสังเกตพิจารณาลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบที่เหมือนกันและลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบที่เหมือนกันอย่างเป็นระบบ นั่นคือการพิจารณาเป็นส่วน เช่น จำนวนส่วนที่เป็นหน้าตัดหรือฐาน ส่วนที่เป็นหน้าตัดหรือฐานขนานกันหรือไม่ ส่วนหน้าข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยม มียอดแหลมหรือไม่มียอดแหลม จุดบนผิวแต่ละจุดห่างเท่ากันหรือไม่ เป็นต้น ทำให้นักเรียนยังไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ถูกต้องทั้งหมดและไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา สามารถ และลานนา ผลงานการตอบคำถามซึ่งเป็นผลงานกลุ่มสามารถจัดสิ่งของได้

ทั้งหมด อย่างไรก็ตามทั้งคู่สามารถเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ดังภาพประกอบ 21-24

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด ^{ทั้ง} สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่ไม่เท่ากัน แต่หน้าข้าง และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม ~~หน้าตัดบนและล่าง~~ ^{หน้าตัดบนและล่าง} ~~เชื่อมหน้ากับทุกเส้น~~ และมีผิวข้าง ^{เป็นผิวโค้งเรียบ} ซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวยยอดตัด (เดิมตรงนี้ได้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด ^{ทั้ง} สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่ไม่เท่ากัน แต่หน้าข้าง และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม ~~หน้าตัดด้านบนและล่าง~~ ^{หน้าตัดด้านบนและล่าง} ~~เชื่อมหน้ากับทุกเส้น~~ และมีผิวข้าง ^{เป็นผิวโค้งเรียบ} ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวยยอดตัด (เดิมตรงนี้ได้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด ^{ทั้ง} สองหน้าเป็นวงกลม 2 วง มีพื้นที่เท่ากัน และหน้าข้าง และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม ~~หน้าตัดด้านบนและล่าง~~ ^{หน้าตัดด้านบนและล่าง} ~~เชื่อมหน้ากับทุกเส้น~~ และมีผิวข้าง ^{เป็นผิวโค้งเรียบ} ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ ทรงกระบอก (เดิมตรงนี้ได้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด ^{เป็น} ~~หนึ่ง~~ ^{วงกลม} ~~หนึ่ง~~ ^{และ} ~~มี~~ ^{ยอดแหลม} และมีผิวข้าง ^{เป็นผิวโค้งเรียบ} ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ กรวย (เดิมตรงนี้ได้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 5 กระดาษปุนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด ^{สอง} ~~หนึ่ง~~ ^{หน้าเป็น} ~~หนึ่ง~~ ^{วงกลม} ~~หนึ่ง~~ ^{หน้ากับ} ~~วงรี~~ ^{หนึ่ง} ~~หน้า~~ ^{และ} ~~ไม่~~ ^{หน้า} ~~เท่ากัน~~ และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม ~~หน้าตัดด้านบนและล่าง~~ ^{หน้าตัดด้านบนและล่าง} ~~เชื่อมหน้ากับทุกเส้น~~ และมีผิวข้าง ^{เป็นผิวโค้งเรียบ} ซึ่งลักษณะของกระดาษปุนดังกล่าวเป็นลักษณะของ ไม่ใช่กรวยยอดตัด (เดิมตรงนี้ได้เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ภาพประกอบ 21 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของนานา

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นรูปวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน และไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด) ไม่เป็นกรวยยอดตัด

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นรูปวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน แต่ไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยยอดตัด
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 2 วง ที่ขนานกัน และเท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... วงกลม 1 วง
 และมีผิวข้าง... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวย
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 1 และ วงรี 1 ที่ไม่ขนานกันและไม่เท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างไว้เท่ากัน
 ... เป็นผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด) ไม่เป็นกรวยยอดตัด

ภาพประกอบ 22 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
 ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
 หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของสิงหา

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามาเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2. หน้าตัดไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน แต่เป็นวงกลมขนานกัน หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดด้านบนกับหน้าตัดด้านล่าง ขอบด้านนอกของถ้วยจะมีผิวข้าง... ผิวของถ้วยเรียบ... ซึ่งลักษณะของถ้วยมาดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยกรวยตัด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัด/ไม่เป็นกรวยตัด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2. หน้าตัดไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน แต่เป็นวงกลมขนานกัน หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดด้านบนกับหน้าตัดด้านล่าง ขอบด้านนอกของโคมไฟจะมีผิวข้าง... ผิวของโคมไฟเรียบ... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยกรวยตัด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัด/ไม่เป็นกรวยตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2. หน้าตัดไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน แต่เป็นวงกลมขนานกัน หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดด้านบนกับหน้าตัดด้านล่าง ขอบด้านนอกของกระป๋องนมจะมีผิวข้าง... ผิวของกระป๋องนมเรียบ... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยกรวยตัด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัด/ไม่เป็นกรวยตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2. หน้าตัดไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน แต่เป็นวงกลมขนานกัน หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดด้านบนกับหน้าตัดด้านล่าง ขอบด้านนอกของหมวกปาร์ตี้จะมีผิวข้าง... ผิวของหมวกปาร์ตี้เรียบ... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยกรวยตัด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัด/ไม่เป็นกรวยตัด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... 2. หน้าตัดไม่อยู่ในระนาบเดียวกัน แต่เป็นวงกลมขนานกัน หน้าตัดด้านบนและด้านล่างของเส้นตรงที่เชื่อม... เส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดด้านบนกับหน้าตัดด้านล่าง ขอบด้านนอกของกระถางปูนจะมีผิวข้าง... ผิวของกระถางปูนเรียบ... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยกรวยตัด

(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยตัด/ไม่เป็นกรวยตัด)

ภาพประกอบ 23 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... มันก็โล่งเท่ากัน
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ยาวไม่เท่ากันจากเส้น ... และมีผิวข้าง...
ด้าน ผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยยอดตัด
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... มันก็โล่งเท่ากันและวงกลม
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ยาวไม่เท่ากัน ... และมีผิวข้าง...
ด้าน ผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวยยอดตัด
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... มันก็โล่งเท่ากัน 66 องศา
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ยาวเท่ากันจากเส้น ... และมีผิวข้าง...
ด้าน ผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ทรงกระบอก
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... เป็นวงกลม 1 องศา
 และมีผิวข้าง... ด้าน ผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ... กรวย
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด... มันก็โล่งเท่ากัน 66 องศา
 และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม... ยาวไม่เท่ากัน ... และมีผิวข้าง...
ด้าน ผิวโค้งเรียบ ... ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของ... ไม่เป็นกรวยยอดตัด
 (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ภาพประกอบ 24 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
 ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
 หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา

ต่อนั้นช่วงที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด (พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (GDL)) และคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” (ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL)) นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกของแต่ละคาบเรียนดังนี้

คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด” เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องวางแผนแก้ปัญหาหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าจำนวน 1 ชนิดตามที่กลุ่มได้เลือกแล้วนำข้อมูลที่ได้ไปอภิปรายร่วมกันทุกกลุ่ม เพื่อบรรณข้อมูลการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าครบทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่า เมื่อได้ข้อมูลครบทั้ง 3 กรณี นักเรียนจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเขียนข้อความคาดการณ์ของกิจกรรมนี้ต่อไป พบว่า จำนวนกลุ่มของนักเรียนที่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องมีเพียง 2 กลุ่ม จากทั้งหมด 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อาจเป็นเพราะนักเรียนขาดการอ่านคำถามอย่างละเอียดรอบคอบในการใช้ข้อมูลในคำถามข้อที่ผ่านมา เพื่อช่วยตอบคำถามในข้อที่เป็นการตรวจสอบว่า นักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมถึงนักเรียนยังขาดการสังเกตและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีร่วมกันที่ได้จากการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มาช่วยในการตอบคำถามให้ถูกต้อง แต่นักเรียนใช้การตอบคำถามตามความเข้าใจเบื้องต้นของตนเองใช้ข้อมูลเบื้องต้นที่ยังไม่ได้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ที่มีร่วมกันของการหาพื้นที่ผิวของพีระมิด สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา ผลงานการเขียนตอบคำถามก็เหมือนกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่คือตอบคำถามไม่ถูกต้องทั้งหมด ขาดการสังเกตและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีร่วมกัน สำหรับข้อที่ตอบคำถามได้ถูกต้องก็ยังขาดรายละเอียดทำให้ขาดความครบถ้วนและสมบูรณ์ของคำตอบที่ได้ ซึ่งจะเห็นได้จากการตอบคำถามข้อที่ 1 และข้อที่ 4 เป็นคำถามที่ให้นักเรียนนำข้อมูลในการหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลมาตอบคำถามซึ่งในคำถามข้อที่ 1 นักเรียนเป้าหมายตอบคำถามไม่ครบ และคำตอบที่ได้ยังขาดการวิเคราะห์ข้อมูลที่จะนำมาเขียนทำให้คำตอบไม่ถูกต้อง และคำตอบข้อที่ 4 ขาดรายละเอียดเพียงบางส่วนควรเน้นว่าเป็นข้อมูลของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่มีการเน้นว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญส่วนคำถามข้อที่ 2-3 จะเป็นคำถามที่นักเรียนใช้การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้าง

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีร่วมกันที่ได้จากการหาพื้นที่พีระมิดทั้ง 3 ชนิด ซึ่งนักเรียนเป้าหมายสามารถตอบคำถามข้อที่ 2 แต่ก็ขาดการเขียนว่าข้อมูลเป็นของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่มีการเน้นว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญ อีกทั้งคำตอบของข้อ 3 แม้ว่านักเรียนจะสามารถตอบในลักษณะดังกล่าวได้ แต่คำตอบที่ได้แสดงให้เห็นว่านักเรียนไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีร่วมกันอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ ดังภาพประกอบ 25

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (ข้อ 1) – 2) นักเรียนทุกกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบก่อน จากนั้นแต่ละกลุ่มจึงทำข้อ 3-5) ต่อไป

- 1) การหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าในตารางใช้วิธีการใด นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นอีกหรือไม่ อย่างไร
มี คือ พื้นที่หน้าข้างแต่ละหน้าของแบบจำลอง x จำนวนด้านของฐาน
- 2) พื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ามีความสัมพันธ์กับข้อมูลในตารางอย่างไร
ของคความยาวรอบฐานของพีระมิด x ความสูงของพีระมิด = พื้นที่ผิวข้างของพีระมิดรวมทั้งหมด
- 3) จากคำตอบข้อที่ 1) – 2) นักเรียนสามารถเขียนสูตรการหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าได้อย่างไร
พื้นที่ผิวข้าง = 1/2 x พ.ย. x พ.ย.ย.
- 4) พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ามีส่วน อะไรบ้าง
มี 2 ส่วน ได้แก่ ฐานของพีระมิด และ ผนังข้างของพีระมิด

ภาพประกอบ 25 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด”

คาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องหาปริมาตรของกรวยโดยอาศัยความสัมพันธ์กับปริมาตรของทรงกระบอกที่มีส่วนประกอบบางส่วนที่เท่ากันโดยนักเรียนจะต้องค้นหาผ่านการเล่นเกมด้วยตนเองและแข่งขันกับกลุ่มอื่นๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเขียนข้อความคาดการณ์ของกิจกรรมนี้ต่อไป พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นซึ่งประกอบด้วยคำถาม 3 ข้อ ดังนี้ ข้อที่ 1 นักเรียนทุกกลุ่มสามารถจับคู่ระหว่างกรวยกับทรงกระบอกได้ถูกต้องทำให้สามารถตอบได้ถูกต้องโดยใช้ข้อมูลจากการเล่นเกมซึ่งบันทึกในตารางบันทึกข้อมูลมาใช้ตอบคำถาม ในส่วนของข้อที่ 2-3 นักเรียนทุกกลุ่มสามารถสังเกตและวิเคราะห์สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอกที่จับคู่ได้ถูกต้องทั้ง 2 กรณี โดยผลงานการเขียนคำตอบของทุกกลุ่มถูกต้องและมีเพียง 2 กลุ่มเท่านั้นที่ขาดความครบถ้วนสมบูรณ์เพียงบางส่วน คือ ขาด

การเขียนคำที่แสดงรายละเอียดระหว่างปริมาตรของกรวยกับปริมาตรของทรงกระบอก และมีอีก 2 กลุ่มที่ขาดการเขียนคำว่า “ปริมาตร” ในบางคำตอบเท่านั้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา สามารถ และลานนา ผลงานการเขียนตอบคำถามจะรวมอยู่ในกลุ่มของนักเรียน 2 กลุ่มแรก ที่เขียนคำตอบขาดความครบถ้วนสมบูรณ์เพียงบางส่วน อีกทั้งผลงานการเขียนของนักเรียนเป้าหมายนี้ยังคงมีลักษณะการเขียนที่ค่อนข้างกระชับมากเกินไป ทำให้ผลงานการเขียนขาดรายละเอียดที่ครบถ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานการเขียนของกลุ่มอื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มนี้ตอบคำถามได้ถูกต้องแสดงให้เห็นถึงสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล ดังภาพประกอบ 26

(1) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน จะต้องใช้ในการตวงกี่ครั้ง
..... 3 ครั้ง

(2) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็นกี่เท่าของปริมาตรของกรวย
..... 3 เท่าของกรวย

(3) จากข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ (2) ปริมาตรของกรวยคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของทรงกระบอก
..... $\frac{1}{3}$ ของปริมาตรของทรงกระบอก

ภาพประกอบ 26 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนออกแบบหมวกปาร์ตี้ซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า นานา สิงหา และกระป๋องสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและในส่วนของการเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นปรากฏว่า สิงหาสามารถเขียนได้ครบถ้วน แต่การเขียนคำตอบของนานาและกระป๋องยังขาดรายละเอียดบางส่วนที่ควรระบุให้

ครบถ้วนว่าเป็นพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวย และลานนาสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล แต่ยังตอบคำถามได้ไม่ถูกต้องทั้งหมด และการเขียนยังขาดรายละเอียดเช่นเดียวกับนানাและกระป๋อง ดังภาพประกอบ 27-30

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกของหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 2 เท่ากัน.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

2. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 3 เท่ากัน.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

3. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมีของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 4 เท่ากัน.....ความสูงเอียงของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 27 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของนানা

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอก
ของหมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกของหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 2 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างของหมวกกรวยใบที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
2. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 3 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างของหมวกกรวยใบที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
3. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 4 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างของหมวกกรวยใบที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 28 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียน ที่ 15 ของสิงหา

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอก
หมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....2.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 2 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
2. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....3.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 3 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
3. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น.....4.....เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 4 เท่ากับ.....ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....พื้นที่ผิวข้างที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 29 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระป๋อง

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง พื้นที่ผิวข้างด้านนอก
หมวกกรวยใบใหม่ กับ พื้นที่ผิวข้างกรวยด้านนอกหมวกใบเดิมใบที่ 1 (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 2 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 2 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 2 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....ผลบวกใบใหม่ใบที่ 2 เป็น 2 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
2. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 3 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 21 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบ (เดิมใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 3 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....ผลบวกใบใหม่ใบที่ 3 เป็น 3 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)
3. พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 4 ที่มีความยาวรัศมีเป็น..... 28 เท่าของความยาวรัศมี
ของฐานของหมวกใบ (เดิมใบที่ 1) และมีความสูงเอียงหมวกใบที่ 4 40 ความสูงเอียง
ของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) จะทำให้.....ผลบวกใบใหม่ใบที่ 4 เป็น 4 เท่า.....ของพื้นที่ผิวข้าง
ด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม (ใบที่ 1)

ภาพประกอบ 30 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียน ที่ 15 ของลานนา

ในช่วงท้ายที่สุดของกิจกรรม คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูป
เรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน
(GBL)) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องหาปริมาตรของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยความสัมพันธ์กับ
ปริมาตรของกรวยที่มีส่วนประกอบบางส่วนที่เท่ากันโดยนักเรียนจะต้องค้นหาผ่านการเล่นเกมด้วย
ตนเองและแข่งขันกับกลุ่มอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนจะต้องสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุ
เป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่
ถูกต้องและนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการเขียนข้อความคาดการณ์ของกิจกรรมนี้ต่อไป พบว่า นักเรียน
ทุกกลุ่มให้ความสำคัญและใส่ใจในการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสร้างความสัมพันธ์
ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่าง
ละเอียดมากยิ่งขึ้น ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 2 ดังนี้ ข้อที่ 1 นักเรียนทุกกลุ่มสามารถสังเกตและ

วิเคราะห์สร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างส่วนประกอบของเครื่องทรงกลมกับส่วนประกอบของกรวยที่ใช้ในการปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอกที่จับคู่ได้ถูกต้องทั้ง 2 กรณี แต่ก็มีเพียง 1 กลุ่มที่ตอบคำถามโดยขาดข้อมูลที่สำคัญไปบางส่วน คือ ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องทรงกลมเท่ากับความสูงของกรวย อย่างไรก็ตามนักเรียนกลุ่มนี้มีการตอบคำถามที่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ โดยตอบว่า “ปริมาตรเท่ากัน” ซึ่งก็เป็นหนึ่งในคำตอบที่ถูกต้องและสามารถตอบได้ และเกี่ยวข้องกับการเขียนข้อความคาดการณ์ในส่วนข้อที่ 2 นักเรียนทุกกลุ่มสามารถจับคู่ระหว่างเครื่องทรงกลมกับกรวยได้ถูกต้องทำให้สามารถตอบได้ถูกต้องโดยใช้ข้อมูลจากการเล่นเกมซึ่งบันทึกในตารางบันทึกข้อมูลมาใช้ตอบคำถาม สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา ผลงานการเขียนตอบคำถามของนักเรียนค่อนข้างดีแสดงให้เห็นได้ว่าความสำคัญและใส่ใจในการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และขาดความครบถ้วนและสมบูรณ์เล็ก ๆ น้อย ๆ คือ ขาดการเขียนคำว่า “ความยาวของ...” หน้าส่วนประกอบของกรวยและเครื่องทรงกลมที่เป็นส่วนของเส้นตรง ได้แก่ รัศมี และเส้นผ่านศูนย์กลางของฐานหรือหน้าตัด ดังภาพประกอบ 31

(1) ด้วยเครื่องทรงกลมแต่ละขนาดจับคู่กับกรวยที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับเครื่องทรงกลมอย่างไร (ระบุชื่อส่วนประกอบใดของกรวยที่เท่ากับส่วนประกอบของเครื่องทรงกลม)

- รัศมีของเครื่องทรงกลมจะเท่ากับรัศมีของฐานกรวย.....

- เส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องทรงกลมจะเท่ากับความสูงของกรวย.....

- พหุคูณของกรวยจะเท่ากับพหุคูณในส่วนของเครื่องทรงกลม.....

(2) จำนวนครั้งที่ใช้เครื่องทรงกลมในการตัดข้าวจนเต็มกรวยที่จับคู่

1 ครั้งพอดี.....

ภาพประกอบ 31 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ในคาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของเครื่องทรงกลม”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนเลือกถ้วยกรวยให้

เหมาะสมกับการใส่เกล็ดน้ำแข็งอัดก้อนเป็นทรงกลม และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของทรงกลมและปริมาตรของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า กระป๋อง และลานนาสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น ขาดรายละเอียดเพียงเล็กน้อย เท่านั้น ในส่วนสิงหาสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนรายละเอียดของคำตอบได้มากขึ้นแต่เขียนไม่ครบถ้วน และลานนาสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลของคำตอบได้แต่ตอบคำถามไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 32-35

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เดิมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 1 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 1 นิ้ว และมีความสูง 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 1 นิ้ว ความสูง 2 นิ้ว

พื้นที่หน้าตัด 3 ตารางนิ้ว (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว และมีความสูง 4 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว ความสูง 4 นิ้ว พื้นที่หน้าตัด 12 ตารางนิ้ว

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 3 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว และมีความสูง 6 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว ความสูง 6 นิ้ว พื้นที่หน้าตัด 27 ตารางนิ้ว

ภาพประกอบ 32 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของนานา

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เดิมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี...1...นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2.....ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี...1...นิ้ว และมีความสูง...2...นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2...เท่า.....ของปริมาตรกรวยที่มี.....รัศมีเท่ากับทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม..... (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมีเท่ากับทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม

ขาดความสูงของ

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 3 นิ้ว จะต้องใช้จำนวน 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 3 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรกรวยที่มีรัศมีเท่ากับ ทรงกลมและมีความสูงเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางทรงกลม

ภาพประกอบ 33 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม

ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของสัปดาห์

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เดิมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม
กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี... 1... นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย 2..... ถ้วย โดยที่ถ้วย
กรวยที่มีรัศมี... 1... นิ้ว และมีความสูง... 2... นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมี
ค่าเท่ากับ 2.1 ลิ. ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมีเท่ากัน และเส้นผ่านศูนย์กลาง

ของทรงกลมเท่ากับเส้นสูงของกรวย (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม ที่มีรัศมี 2 นิ้ว สูง 6 นิ้ว 2 ถ้วย ถ้วยละ 2.1 ลิ. รวม
รวม 4 ลิ. ถ้วยละ 4 ลิ. ใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2.1 ลิ. ของปริมาตรกรวย
ที่มีรัศมีเท่ากัน และสูงเท่ากัน

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม ที่มีรัศมี 3 นิ้ว สูง 6 นิ้ว 2 ถ้วย ถ้วยละ 2.1 ลิ. รวม
รวม 4 ลิ. ใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2.1 ลิ. ของปริมาตรกรวย
ที่มีรัศมีเท่ากัน และสูงเท่ากัน

ภาพประกอบ 34 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถาม
ได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของกระป๋อง

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อความแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี...1... นิ้วจะต้องใช้จำนวนถ้วยกรวย ...2... ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี...1... นิ้ว และมีความสูง...2... นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ ...2 เท่า... ของปริมาตรกรวยที่มี รัศมี 1 ของกรวย = รัศมี 2 ของกรวย

และ ความสูงของกรวย = ครึ่งหนึ่งของความสูงของเกล็ดน้ำแข็ง (ระบุลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

กรณีที่ 2 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วย 2 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว และมีความสูง 4 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรของถ้วยที่มี รัศมี 1 ของกรวย = รัศมี 2 ของกรวย และ ความสูงของกรวย = ครึ่งหนึ่งของความสูงของเกล็ดน้ำแข็ง

กรณีที่ 3 ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมี 2 นิ้ว จะต้องใช้จำนวนถ้วย 4 ถ้วย โดยที่ถ้วยกรวยที่มีรัศมี 2 นิ้ว และมีความสูง 4 นิ้ว จึงจะนำมาใส่ได้พอดี เพราะปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่า ของปริมาตรของถ้วยที่มี รัศมี 1 ของกรวย = รัศมี 2 ของกรวย และ ความสูงของกรวย = ครึ่งหนึ่งของความสูงของเกล็ดน้ำแข็ง

ภาพประกอบ 35 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย หลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของลานนา

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า ช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียนจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนกลุ่มทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด ยังไม่ให้ความสำคัญกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและการเขียนคำตอบยังขาดละเอียดที่ครบถ้วน ผลงานเขียนตอบคำถามของนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ถูกต้องทั้งหมดและไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด อาจเป็นเพราะขาดการสังเกตพิจารณาลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบที่เหมือนกันและลักษณะรายละเอียดของส่วนประกอบที่เหมือนกันที่ละส่วนอย่างเป็นระบบ สำหรับในช่วงที่ 2 กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นการเขียนคำตอบยังขาดความครบถ้วนสมบูรณ์เพียงบางส่วนและดีขึ้นกว่าผลงานเขียนในช่วงแรก และในท้ายที่สุดนักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการสร้าง

ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น มีข้อบกพร่องในการเขียนคำตอบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเช่นนั้นจนสิ้นสุดกิจกรรม

2.2 พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะสร้างข้อความคาดการณ์

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกขณะสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นเป้าหมาย ผู้วิจัยทำการพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ ซึ่งเป็นข้อสรุปที่น่าเชื่อถือที่ได้จากการสังเกตการทำกิจกรรมการเรียนรู้ หรือการทดลองหลาย ๆ ครั้ง โดยการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ โดยข้อความคาดการณ์ที่ได้ยังไม่ต้องทำพิสูจน์ว่าเป็นจริง แล้วยังไม่พบข้อขัดแย้ง ในขณะลงมือปฏิบัติกิจกรรม

ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยสังเกตการณ์ พบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ อยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และ (2) นักเรียนมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น

(1) นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ" นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถาม ซึ่งข้อมูลของคำตอบที่ได้ผ่านการสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลจนได้คำตอบที่ถูกต้อง แล้วนำคำตอบที่ได้มาเป็นข้อมูลรวมกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากการอธิบายของทุกกลุ่มร่วมกันผ่านการใช้คำถาม อาทิเช่น ทำไมถ้วยไอศกรีมจึงไม่ใช่ทรงกระบอก คำตอบคือ หน้าตัดสองหน้ามีขนาดไม่เท่ากัน ทำไมไซโก่ไม่ใช่ทรงกลม คำตอบ คือ มีบางจุดที่อยู่บนผิวของเปลือกไซโก่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางไม่เท่ากัน หรือจุดจุดบนผิวของเปลือกไซโก่ต้องอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเท่ากันจึงจะทำให้ไซโก่เป็นทรงกลมได้ เป็นต้น เพื่อใช้คำตอบจากการอธิบายในการช่วยให้นักเรียนทุกกลุ่มเกิดข้อสังเกตเปรียบเทียบจากลักษณะความเหมือนและความแตกต่างของรูปเรขาคณิตแต่ละชนิด แล้วนำข้อมูลทั้งหมดที่กลุ่มของตนเองรวบรวมได้ไปใช้ในการเขียนข้อความคาดการณ์ พบว่า กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถค้นพบความสัมพันธ์ของข้อมูลจากสิ่งของแต่ละชิ้นที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดเดียวกันได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ โดยอาศัยการสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของสิ่งของแต่ละชิ้นที่เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติชนิดเดียวกัน จึงยังไม่สามารถเขียนข้อความคาดการณ์ลักษณะและส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติทั้ง 5 ชนิด ได้แก่

ปริซึม พีระมิด กรวย ทรงกระบอก และทรงกลม ได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ขาดรายละเอียด อาทิเช่น ขาดการเขียนคำว่า “เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติ” ขาดคำว่า “ความยาวของส่วนของเส้นตรง” การเขียนของนักเรียนขาดยังขาดรายละเอียดค่อนข้างมาก ภาษาที่ใช้ในการเขียนยังเป็นภาษาที่ไม่ใช่ภาษาวิชาการหรือไม่ใช่ภาษาที่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น ทรงกลมมีลักษณะกลมมน ปริซึมมีความลึกของปริซึมจะเท่ากันทุกด้าน การเขียนคำว่า “รูปเรขาคณิตสามมิติ” ซึ่งเป็นการสะกดที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา ก็เช่นเดียวกันกับกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ที่ยังไม่สามารถเขียนข้อความคาดการณ์ลักษณะและส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติทั้ง 5 ชนิดได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด ขาดรายละเอียดและภาษาที่ใช้ในการเขียนไม่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 36

(1) ทรงกลมมีลักษณะอย่างไร
ใช้ไข่ ข้าง ขอบจุดจากจุดบนผิว ของทรงกลมจุดศูนย์กลางจะเท่ากัน

(2) ทรงกระบอกมีลักษณะอย่างไร
มีหน้าตัดด้านหรือฐานทั้งสองด้านเหมือนกัน หน้าตัดทั้งสองด้านจะต้องเท่ากันและฐานหรือหน้าตัดจะเป็นรูปวงกลมหรือวงรี

(3) กรวยมีลักษณะอย่างไร
ส่วนของเส้นตรงที่ลากจากจุดยอดลงลงมาถึงจุดที่อยู่บนเส้นรอบวงของฐานจะเท่ากันทุกจุด

(4) ปริซึมมีลักษณะอย่างไร
ความลึกของปริซึมจะเท่ากันทุกด้าน และ หน้าตัดจะเป็นหน้าตัด

(5) พีระมิดมีลักษณะอย่างไร
มียอดแหลม มีรูปสามเหลี่ยมที่หน้าข้างและ หน้าข้างจะเท่ากันทุกด้านเสมอ

ภาพประกอบ 36 ผลงานกลุ่มของนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ คาบที่ 1 กิจกรรมที่ 1 “ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 1 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 1 จะให้นักเรียนตัดสินใจว่าสิ่งของที่ให้มาจำนวน 5 ชิ้น สิ่งของชิ้นใด

เป็นกรวยยอดตัด และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องลักษณะและส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด พบว่าสิงหาและกระป๋องสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากมีความถูกต้องและค่อนข้างสมบูรณ์มากคือ มีรายละเอียดครบทั้ง 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ (1) เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดสองหน้าเป็นวงกลมที่มีขนาดไม่กันแต่ขนานกัน และ (2) มีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดบนเส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างมีความยาวเท่ากัน และ (3) มีผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ เพียงแต่กระป๋องยังขาดรายละเอียดบางส่วน ในส่วนของนানা ผลงานการเขียนข้อความคาดการณ์เขียนรายละเอียดได้เพียง 1 ส่วนคือส่วนที่ 1 และขาดการเขียนอีก 2 ส่วน และลานนา ผลงานการเขียนสามารถเขียนในส่วนที่ 1 มีรายละเอียดพอสมควรแต่ยังไม่ครบถ้วน และการเขียนขาดการนำข้อมูลที่ได้จากการตารางบันทึกข้อมูลและการขาดนำคำตอบที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันมาช่วยในการเขียนข้อความคาดการณ์ ดังภาพประกอบ 37-40

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ

มีลักษณะคล้ายกรวยแต่ยอดแหลมจะถูกตัดไปโดยหน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลมสองวง ที่มีพื้นที่ไม่เท่ากันแต่ขนานกัน จึงจะเป็นกรวยยอดตัด

ภาพประกอบ 37 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของนানা

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ

กรวยยอดตัดเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่หน้าตัดเป็นวงกลม 2 วง ที่ขนานกันแต่ไม่เท่ากัน และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดบนและล่างแก่กัน มีมุมทำโค้งเรียบ และไม่มียอกแหลม

ภาพประกอบ 38 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของสิงหา

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ

เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่หน้าตัด 2 วง ที่ขนานกันแต่ไม่เท่ากัน เส้นรอบวงที่เชื่อมจากหน้าตัดบนและล่างเป็นเส้นรอบวงบนและล่าง และส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างหน้าตัดบนและล่างเป็นเส้นตรงที่ไม่มียอกแหลม

ภาพประกอบ 39 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของกระป๋อง

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ

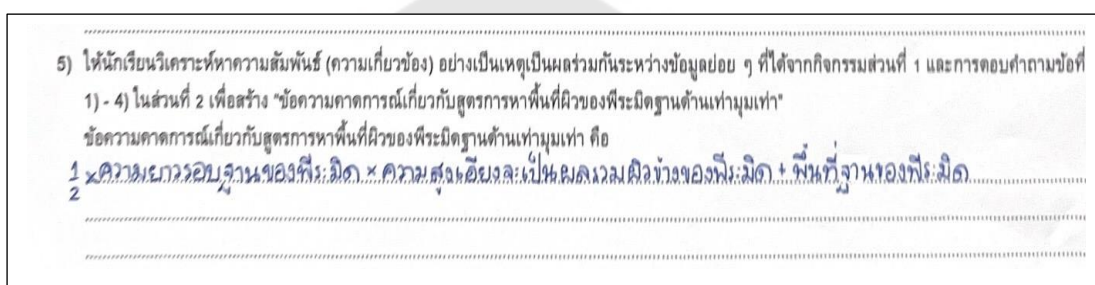
กรวยยอดตัดมีลักษณะเป็นกรวยแต่ไม่มียอดแหลม และหน้าตัด 2 วง ขนานกัน

ภาพประกอบ 40 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 1 ในคาบเรียนที่ 4 ของลานนา

ต่อนั้นช่วงที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด (พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (GDL)) และคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” (ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL)) นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกของแต่ละคาบเรียนดังนี้

คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด” นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อที่ 1 ที่เกี่ยวกับการหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างการหาพื้นที่หน้าข้าง 1 หน้าของพีระมิดกับจำนวนหน้าข้างของพีระมิด และตอบคำถามข้อที่ 2 ซึ่งจะต้องใช้การสังเกตและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล คือ พื้นที่ผิวข้างของพีระมิดที่ได้จากข้อที่ 1 มีความสัมพันธ์อย่างไรกับผลคูณของความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่ากับความสูงเอียงของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า จากนั้นนักเรียนทุกกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แล้วจึงนำข้อมูลที่กลุ่มของนักเรียนเก็บรวบรวมเพิ่มเติมตอบคำถามข้อที่ 3 ซึ่งจะต้องเขียนสูตรของพื้นที่ผิวข้างของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า และตอบคำถามข้อที่ 4 ซึ่งจะต้องตอบว่าพื้นที่ผิวทั้งหมดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าประกอบด้วยพื้นที่ส่วนใดบ้าง เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 4 ข้อดังกล่าวจะทำให้นักเรียนทุกกลุ่มจะได้รับข้อมูลครบถ้วนเกี่ยวกับการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ซึ่งคำตอบทั้งหมดได้จากการที่นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ของการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าทั้ง 3 ชนิดได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ โดยอาศัยการสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของการหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าทั้ง 3 ชนิด แล้วนำคำตอบที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ สามารถเขียนข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ยังคงขาดการใส่ข้อความที่มีการเน้นคือ พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า มีเพียงบางกลุ่มที่ใส่ข้อความนี้บ้างบางจุดของการเขียนแต่ก็ยังครบถ้วน ซึ่งในกิจกรรมนี้ต้องการให้นักเรียนพิจารณาการหาข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าเท่านั้น ซึ่งจะเป็นเนื้อหาที่เหมาะสมกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อีกทั้งเนื่องจากพีระมิดที่ในฐานะไม่ใช้ฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าไม่สามารถสร้างข้อความคาดการณ์ในลักษณะเดียวกันได้และมีความซับซ้อนมากเกินไปสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยจึงมีการเน้นข้อความโดยขีดเส้นใต้คำว่า “พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” ในตารางบันทึกข้อมูลรวมถึงส่วนของคำถาม

เพื่อให้นักเรียนสังเกตเห็นและนำมาเขียนข้อความคาดการณ์เฉพาะการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าเท่านั้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และ ลานนา นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากขึ้น สามารถสื่อให้เห็นถึงความเข้าใจในการหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ซึ่งมีส่วนประกอบ 2 ส่วน คือ พื้นที่ผิวข้างและพื้นที่ฐาน แต่ผลงานเขียนข้อความคาดการณ์ของนักเรียนยังไม่สมบูรณ์ ครบถ้วน ขาดรายละเอียดคำว่า “พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในกิจกรรมนี้ มีการใช้ภาษาที่ไม่ใช่ภาษาวิชาการที่ถูกต้อง ดังภาพประกอบ 41



ภาพประกอบ 41 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ คาบที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด”

คาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อที่ 1 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการจำนวนครั้งที่ใช้ในการตวงข้าวสารหรือเมล็ดธัญพืชจากกรวยไปใส่ในทรงกระบอกจนเต็ม โดยนักเรียนจะต้องสังเกตจากความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของกรวยกับทรงกระบอกที่เท่ากันในการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกจำนวน 2 คู่ จากนั้นนำคำตอบที่ได้ไปใช้ในการตอบคำถามข้อที่ 2-3 เพื่อเขียนแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอกที่ได้จากการใช้การตวงและความสัมพันธ์ของส่วนประกอบในการจับคู่กัน โดยเขียนแสดงการเปรียบเทียบปริมาตรของทรงกระบอกกับปริมาตรของกรวยว่าคิดเป็นกี่เท่าของกันและกัน ซึ่งคำตอบทั้งหมดได้จากการที่นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ของการหาปริมาตรของกรวยโดยอาศัยการหาปริมาตรของทรงกระบอกด้วยการจับคู่กรวยและทรงกระบอกซึ่งมีส่วนประกอบของกรวยและทรงกระบอกที่เท่ากัน แสดงให้เห็นถึงการสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของการหาปริมาตรของกรวยโดย

อาศัยปริมาตรของทรงกระบอกของการจับคู่ที่เท่ากัน 2 คู่ แล้วนำคำตอบที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ คือ นักเรียนจำนวน 5 กลุ่มจากทั้งหมด 6 กลุ่ม คิดเป็นร้อยละ 83.33 ของนักเรียนทั้งหมด สามารถเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการเขียนแสดงความสัมพันธ์ที่สำคัญของส่วนประกอบของกรวยและทรงกระบอกที่มีผลทำให้ปริมาตรของกรวยเท่ากับหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก โดยผลงานการเขียนสามารถเขียนสื่อสารให้เห็นว่า กรวยและทรงกระบอกต้องมีพื้นที่ฐานเท่ากัน และต้องมีความสูงเท่ากัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถได้มาจากการสังเกตจากตารางบันทึกกิจกรรมและคำถามข้อที่ 1 ที่ได้ไปแล้ว และยังคงบางกลุ่มที่ผลงานการเขียนที่มีบางส่วนที่เขียนไม่ครบสมบูรณ์ทั้งหมดและผิดพลาดบางส่วน รวมถึงการเรียบเรียงการข้อความคาดการณ์ให้ถูกต้อง ตัวอย่างผลงานดังกล่าว คือ มีนักเรียนกลุ่มหนึ่งเขียนว่า “การจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานเท่ากันต้องใช้การตวง 3 ครั้ง การตวง 1 คิดเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรทรงกระบอก $\times$ กับพื้นที่ฐาน $\times$ กับความสูง” ซึ่งเพื่อพิจารณาแล้วในส่วนท้ายของข้อความคาดการณ์ นักเรียนอาจต้องการเขียนว่า “หนึ่งในสาม $\times$ กับพื้นที่ฐาน $\times$ กับความสูง” เท่านั้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของการหาปริมาตรของกรวยโดยอาศัยปริมาตรของทรงกระบอก แต่ผลงานการเขียนของนักเรียนเป้าหมายนี้ยังคงมีลักษณะการเขียนที่ค่อนข้างกระชับมากเกินไป ทำให้ผลงานการเขียนขาดรายละเอียดที่ครบถ้วนเมื่อเปรียบเทียบกับผลงานการเขียนของกลุ่มอื่น ๆ ขาดการเขียนแสดงความสัมพันธ์ที่สำคัญของส่วนประกอบของกรวยและทรงกระบอกที่มีผลทำให้ปริมาตรของกรวยเท่ากับหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก ซึ่งเป็นหลักฐานและข้อมูลความสัมพันธ์ที่สำคัญของกิจกรรมนี้ ดังภาพประกอบ 42

(4) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของปริมาตรของกรวยแต่ละขนาดที่ใช้ในการตวงเมล็ดธัญพืช 1 ครั้งแล้วนำไปเทใส่โหลทรงกระบอกตามลักษณะที่ใช้จับคู่ จงใช้ข้อมูลจากที่ได้จากคำถามข้อที่ (1)-(3) นามาเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวย (พร้อมอธิบายลักษณะของทรงกระบอกที่จับคู่กับกรวยให้ครบถ้วน)

ข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวย คือ ปริมาตรของกรวยหาได้จาก.....
 $\frac{1}{3} \times$ พื้นฐานของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย

ภาพประกอบ 42 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรมการเรียนรู้ คาบที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนออกแบบหมวกปาร์ตี้ซึ่งมีลักษณะเป็นกรวย และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องพื้นที่ผิวของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า นานาและสิงหาสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากมีความถูกต้องและค่อนข้างสมบูรณ์มากคือ มีรายละเอียดครบทั้ง 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ (1) พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีควมยาวรัศมีของฐานเป็น 8 เท่าของใบเดิม และ (2) มีสูงเอียงเท่าเดิมและ (3) จะมีพื้นที่ผิวข้างด้านนอกเป็น 8 เท่าของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม สำหรับประกอบ ผลงานการเขียนข้อความคาดการณ์สื่อให้เห็นส่วนประกอบของข้อความคาดการณ์ครบทั้ง 3 ส่วน แต่รายละเอียดยังไม่ครบถ้วน ได้แก่ พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวก รัศมีของฐานกรวย และการเขียนเปรียบเทียบส่วนประกอบของหมวกใบที่ 8 กับส่วนประกอบของหมวกใบที่ 1 จะต้องเขียนให้ครบถ้วนสมบูรณ์ในส่วนของนานา ผลงานการเขียนข้อความคาดการณ์สามารถสื่อถึงส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนของข้อความคาดการณ์ แต่การเขียนยังจัดเรียงข้อความไม่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ และข้อความที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของหมวกใบที่ 8 และส่วนประกอบของหมวกใบเดิม (ใบที่ 1) ยังไม่ถูกต้องและนักเรียนใช้จำนวนในการสื่อสาร ได้แก่ รัศมี $7 \times 8 = 56$ แทน รัศมีเป็น 8 เท่า และ สูงเอียง 40 แทน สูงเอียงเท่ากัน รวมถึงขาดการนำข้อมูลที่ได้จากการตารางบันทึกข้อมูลและการขาดนำคำตอบที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง

ข้อมูลย่อย ๆ ที่มีความสัมพันธ์ร่วมกันมาช่วยในการเขียนข้อความคาดการณ์ ดังภาพประกอบ 43-46

ข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีของฐานเป็น 8 เท่าของใบเดิม และมีความสูงเอียงเท่าความสูงเอียงของหมวกใบเดิม คือ

พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีเป็น 8 เท่าของความยาวรัศมีของฐานหมวกใบที่ 1 และมีความสูงเอียงของหมวกใบที่ 8 จะเท่ากับ ความสูงเอียงของหมวกใบที่ 1 จะทำให้ พื้นที่ผิวข้างเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่า ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบเดิม

ภาพประกอบ 43 การเขียนข้อความคาดการณ์ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของนานา

ข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีของฐานเป็น 8 เท่าของใบเดิม และมีความสูงเอียงเท่าความสูงเอียงของหมวกใบเดิม คือ

พื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีเป็น 8 เท่า ของความยาวรัศมีของหมวกใบเดิม และมีความสูงเอียงเท่ากันจะทำให้ พื้นที่ผิวข้างด้านนอกของหมวกกรวยใบที่ 8 เป็น 8 เท่า ของพื้นที่ผิวข้าง ด้านนอกของใบเดิม

ภาพประกอบ 44 การเขียนข้อความคาดการณ์ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของสิงหา

ข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีของฐานเป็น 8 เท่าของใบเดิม และมีความสูงเอียงเท่าความสูงเอียงของหมวกใบเดิม คือ

ถ้ากรวยสูงเอียงเท่ากับแต่รัศมีไม่เท่ากัน ถ้ารัศมีของกรวยออกเพิ่มเท่าของเดิม พื้นที่ผิวของกรวยเพิ่มขึ้นจะเพิ่มเท่าตามรัศมี ถ้าขนาดใบที่ 8 มีรัศมีเป็น 8 เท่าของใบเดิม พื้นที่ผิวของหมวกใบที่ 8 จะเป็น 8 เท่าของใบเดิม

ภาพประกอบ 45 การเขียนข้อความคาดการณ์ในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของกระป๋อง

ข้อความคาดการณ์ของพื้นที่ผิวข้างด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 ที่มีความยาวรัศมีของฐานเป็น 8 เท่าของใบเดิม

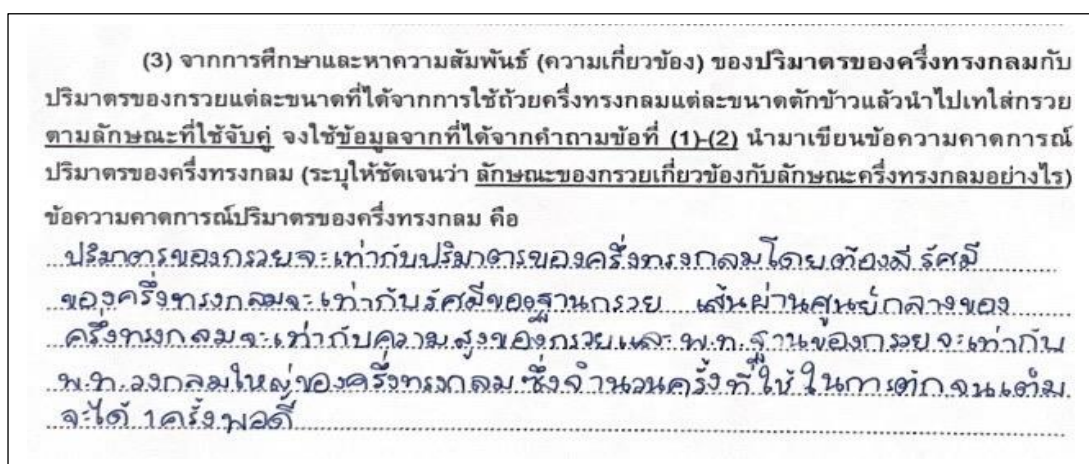
และมีความสูงเอียงเท่าความสูงเอียงของหมวกใบเดิม คือ

ฉันคิดว่าถ้า 9 ด้านนอกหมวกกรวยใบที่ 8 จะมีความยาวรัศมี $7 \times 8 = 56$ มีพื้นที่ผิว
40 และพื้นที่ผิวที่ 8 เท่า ของใบเดิมหรือใบที่ 1

ภาพประกอบ 46 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้
 เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 2 ในคาบเรียนที่ 15 ของลานนา

ในช่วงท้ายที่สุดของกิจกรรม คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูป
 เรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน
 (GBL)) นักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อที่ 1 ซึ่งนักเรียนจะต้องสังเกตจาก
 ความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของครึ่งทรงกลมกับกรวย ในการจับคู่ครึ่งทรงกลมกับกรวย จำนวน
 2 คู่ ให้ถูกต้อง โดยให้อธิบายเหตุผลในการจับคู่จากส่วนประกอบของครึ่งทรงกลมและกรวยที่มี
 ความสัมพันธ์กัน จากนั้นตอบคำถามข้อที่ 2 ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับการจำนวนครั้งที่ใช้ในการตวง
 ข้าวสารจากครึ่งทรงกลมไปใส่ในกรวยจนเต็ม เพื่อเป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ของปริมาตร
 ของครึ่งทรงกลมกับปริมาตรของกรวยที่นักเรียนได้ทำการจับคู่ 2 คู่ที่ถูกต้องในข้อที่ 1 ซึ่งคำตอบ
 ทั้งหมดได้จากการที่นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ของการหาปริมาตรของครึ่งโดยอาศัยการหา
 ปริมาตรของกรวยด้วยการจับคู่ครึ่งทรงกลมและกรวย ที่มีส่วนประกอบของครึ่งทรงกลมและกรวย
 ที่เท่ากัน แสดงให้เห็นถึงการสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ
 ของการหาปริมาตรของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยปริมาตรของกรวยในการจับคู่ที่เท่ากัน 2 คู่ แล้วนำ
 คำตอบที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ พบว่า กลุ่มของนักเรียนทั้งหมดให้
 ความสำคัญและใส่ใจในการเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของครึ่งทรงกลมได้อย่างละเอียด
 มากยิ่งขึ้น ผลงานการเขียนข้อความคาดการณ์ของนักเรียนทุกคู่ถูกต้องค่อนข้างสมบูรณ์ ขาด
 รายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ เพียงบางส่วนในบางกลุ่มเท่านั้น สำหรับนักเรียนเป้าหมาย ได้แก่ นานา
 สิงหา กระบอง และลานนา นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยได้
 ค่อนข้างสมบูรณ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มนี้ให้ความสำคัญและใส่ใจในการเขียนข้อความ
 คาดการณ์ปริมาตรของครึ่งทรงกลมได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้นเหมือนกันกับกลุ่มนักเรียนทั้งหมด
 สามารถสังเกตความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของการหาปริมาตร
 ของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยปริมาตรของกรวย เพียงแต่มีการเขียนสลับตำแหน่งโดยการระบุ

ปริมาตรของกรวยมาก่อนซึ่งควรจะต้องเขียนปริมาตรของครึ่งทรงกลมมาก่อน เพราะเป็นเป้าหมายในกิจกรรมนี้ที่ต้องการทราบถึงข้อความคาดการณ์ปริมาตรของครึ่งทรงกลม ดังภาพประกอบ 47



ภาพประกอบ 47 ผลงานของกลุ่มนักเรียนเป้าหมายในการเขียนข้อความคาดการณ์ในใบกิจกรรม การเรียนรู้ คาบที่ 16 กิจกรรมที่ 14 “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม”

นอกจากนี้ผลจากการวิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนเป้าหมายจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยได้เลือกสถานการณ์ที่ 2 ซึ่งนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่ชัดเจนมาทำการวิเคราะห์ โดยสถานการณ์ที่ 2 จะให้นักเรียนเลือกถ้วยกรวยให้เหมาะสมกับการใส่เกล็ดน้ำแข็งอัดก้อนเป็นทรงกลม และนักเรียนจะต้องใช้ความรู้เรื่องปริมาตรของทรงกลมและปริมาตรของกรวยที่เรียนมาแล้วในการตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบหมวกปาร์ตี้ พบว่า นานา สิงหา กระป๋องและนานา นักเรียนทุกคนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากมีความถูกต้องและค่อนข้างสมบูรณ์มาก มีรายละเอียดครบทั้ง 3 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ (1) ปริมาตรของทรงกลมมีค่าเท่ากับ 2 เท่าของปริมาตรกรวย (2) ที่มีความยาวรัศมีของกรวยเท่ากับความยาวรัศมีของทรงกลม และ (3) มีความสูงของกรวยเท่ากับสองเท่าของความยาวรัศมีของทรงกลม ซึ่งมีเพียงนานาที่มีจุดผิดพลาดเพียงเล็กน้อยคือ เขียนคำว่า ครึ่งทรงกลม แทนคำว่า ทรงกลม ดังภาพประกอบ 48-51

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (ระบุลักษณะของกรวยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

ข้อความคาดการณ์ คือ

ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมีต่าง ๆ จะต้องให้จำนวนถ้วยกรวย 2 ถ้วยเสมอ โดยถ้วยกรวยจะต้องมีรัศมีเท่ากับรัศมีของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม และมีความสูงเป็น 2 เท่าของรัศมีของทรงกลม จึงจะนำมาใส่ได้พอดี

ภาพประกอบ 48 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของนานา

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (ระบุลักษณะของกรวยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

ข้อความคาดการณ์ คือ

ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลมที่มีรัศมีเท่ากับรัศมีของถ้วยกรวย และมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ ความสูงของกรวย จึงจะใส่ไปได้พอดี ปริมาตรของทรงกลมจะคิดเป็น 2 เท่าของกรวย

ภาพประกอบ 49 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของสิงหา

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (ระบุลักษณะของกรวยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

ข้อความคาดการณ์ คือ

ปริมาตรของทรงกลมจะ เป็นครึ่งหนึ่งของกรวยถ้า รัศมี ที่ฐานของกรวยเท่ากับรัศมีของทรงกลมและ ความสูงของกรวยเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลม

ภาพประกอบ 50 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 18 ของกระป๋อง

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) ระหว่าง ปริมาตรของเกล็ดน้ำแข็งทรงกลม กับ ปริมาตรของถ้วยกรวย (ระบุลักษณะของกรวยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของทรงกลม)

ข้อความคาดการณ์ คือ

ปริมาตรกรวยที่มีรัศมีของฐานกรวย = รัศมีของทรงกลม และสูงของกรวย = เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลม จะมีความเท่ากัน ปริมาตรของกรวยจะเท่ากับ 1/3 ของปริมาตรของทรงกลม เพราะพื้นที่หน้าตัดของกรวยเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของทรงกลม 2 ด้าน

ภาพประกอบ 51 การเขียนข้อความคาดการณ์ในทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเสร็จกิจกรรมช่วงที่ 3 ในคาบเรียนที่ 13 ของลานนา

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า ช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียน กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญกับการเขียนข้อความคาดการณ์ ผลงานเขียนการเขียนข้อความคาดการณ์ของนักเรียนยังไม่ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์ทั้งหมด อาจเป็นเพราะขาดการสังเกตหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลของความสัมพันธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ สำหรับในช่วงที่ 2 กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่สามารถหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลของความสัมพันธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และมีเพียงบางกลุ่มที่การเขียนข้อความคาดการณ์ยังขาดความครบถ้วนสมบูรณ์เพียงบางส่วน แต่ในภาพรวมทุกกลุ่มสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ดีขึ้นกว่าผลงานเขียนในช่วงแรก และในท้ายที่สุดนักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ของในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลของความสัมพันธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น มีข้อบกพร่องในการเขียนข้อความคาดการณ์เพียงเล็กน้อยในบางส่วนและในบางกลุ่มเท่านั้น โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเช่นนั้นจนสิ้นสุดกิจกรรม

(2) นักเรียนมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น

ในช่วงแรกของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 1 กิจกรรมที่ 1 "ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ" (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบ 5E) เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อความคาดการณ์ลักษณะและส่วนประกอบต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติทั้ง 5

ชนิด ประกอบด้วย ปริซึม พีระมิด กรวย ทรงกระบอกและทรงกลม ของกลุ่มตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยนักเรียนสามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นของลักษณะของรูปเรขาคณิตสามมิติแต่ละชนิดจากการสำรวจสิ่งของที่นักเรียนจัดกลุ่มตามชนิดของรูปเรขาคณิตที่นักเรียนได้เขียนและใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่มซ้ำอีกครั้ง พบว่า กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบเพียงเล็กน้อย โดยอาศัยการสนทนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มเป็นหลัก มีบางกลุ่มนำสิ่งของบางชิ้นที่ยังไม่แน่ใจในรายละเอียดของส่วนประกอบมาพิจารณาร่วมกับข้อความคาดการณ์ที่กลุ่มของตนเขียนไว้ แต่ก็มีเพียงบางส่วนเท่านั้น อย่างไรก็ตาม กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดการนำสิ่งของที่ไม่แน่ใจว่าควรจัดอยู่ในกลุ่มใด มาพิจารณาควบคู่กับข้อความคาดการณ์ที่เขียนไว้ และบางกลุ่มก็ขาดการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ของตนเองอย่างจริงจัง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนยังคุ้นเคยกับรูปแบบการเรียนรู้ที่ผ่านมา ที่มีกรอบผลเฉลยจากครูผู้สอนเป็นหลัก สำหรับนักเรียนเป้าหมาย นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา แม้ว่าผลงานการเขียนข้อความคาดการณ์จะเป็นผลงานงานของกลุ่มที่ได้มาจากข้อสรุปของทุกคนร่วมกัน แต่นักเรียนมีการฝึกคิดหรือเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเอง (เป็นการเขียนแบบคร่าว ๆ ที่ยังไม่ชัดเจนด้วยภาษาที่ตนเองเข้าใจ และเป็นกิจกรรมที่ 1 ของการวิจัย) ในสมุดบันทึกของตนเองก่อนที่จะนำข้อความคาดการณ์นั้นมาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นข้อความคาดการณ์ของกลุ่ม จากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยจากนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนในกลุ่มจะใช้วิธีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ที่เขียนอีกครั้ง ด้วยการอ่านหรือการพูดคุยกับเพื่อนในกลุ่มเหมือนกับกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการแสดงผลเฉลยของครู มีเพียงสิงหาที่มีการตรวจสอบจากของจริง ซึ่งมีรายละเอียดตามผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้ถูกต้อง

นานา : ลองเช็คข้อความที่เขียนอีกครั้ง และรอฟังผลเฉลยจากครู

สิงหา : เช็คด้วยการอ่านให้เพื่อนในกลุ่มฟังแล้วเพื่อนต้องเข้าใจ มีการนำของจริงมาดูประกอบอีกครั้ง มีขั้นตอนที่ครูเฉลยคำตอบ

กระป๋อง : ลองคุยกับกลุ่มอื่น ดูรูปสิ่งของเพิ่มเติมในใบกิจกรรม ในกิจกรรมมีให้นักเรียนทำใบตรวจสอบความรู้ ถ้าผมทำถูกก็แสดงว่าผมเข้าใจถูก

ลานนา : ลองเช็คให้ทุกคนตรวจสอบของที่ตนเองเขียน พูดคุยกับเพื่อนในกลุ่ม มีขั้นตอนพูดคุยกับเพื่อนอีกครั้งและครูเฉลย

ต่อนั้นช่วงที่ 2 ของกิจกรรมการเรียนรู้ คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิด (พีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (GDL)) และคาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” (ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (GBL)) นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกของแต่ละคาบเรียนดังนี้

คาบเรียนที่ 7 กิจกรรมที่ 6 “พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” เมื่อนักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าของกลุ่มตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยนักเรียนสามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นด้วยการคำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าของกลุ่มตนเองอีกครั้ง หรืออาจใช้การคำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิดอีกชนิดอื่น ๆ อีก 2 ชนิดที่กลุ่มของตนเองยังไม่ได้คำนวณ โดยการใช้ข้อความคาดการณ์ที่ได้ในการคำนวณ และพิจารณาความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม หรือการพิจารณาข้อมูลพื้นที่ผิวแต่ละส่วนของพีระมิดแต่ละชนิดที่บันทึกอยู่ในตารางบันทึกข้อมูล (เนื่องจากในการทำกิจกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มหาพื้นที่ผิวข้างและพื้นที่ฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า กลุ่มละ 1 ชนิด จากทั้งหมด 3 ชนิด ประกอบด้วย พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า แล้วนำข้อมูลของทุกกลุ่มมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นที่ผิวของพีระมิดครบทั้งสามชนิด) พบว่ากลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่เริ่มแสดงพฤติกรรมการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น โดยกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยใช้การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยตารางบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ คำถามที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ และข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการทำกิจกรรม นักเรียนมีการพิจารณาข้อความคาดการณ์กับค่าของตัวเลขในตารางบันทึกข้อมูล รวมถึงคำตอบที่ได้จากการตอบคำถามซึ่งเป็นคำตอบที่ใช้เป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ และมีนักเรียนบางคนในบางกลุ่มที่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ได้นำมาคำนวณลงไปแทนค่าลงในข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องสำหรับนักเรียนเป้าหมาย นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีการฝึกคิดหรือเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเองในสมุดบันทึกของตนเองก่อนที่จะนำข้อความคาดการณ์นั้นมาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นข้อความคาดการณ์ของกลุ่ม จากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยจากนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมาย พบว่า

นักเรียนในกลุ่มจะมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง ด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม ตรวจสอบข้อความคาดการณ์กับเพื่อนในกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการแสดงผลเฉลยของครู มีเพียงนานาที่มีการตรวจสอบจากการลองใช้ข้อความคาดการณ์คำนวณหาพื้นที่ผิวของพีระมิดดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดตามผลการสัมภาษณ์ นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้ถูกต้อง

นานา : ก็ลองเช็คจากสิ่งที่ทำดูว่าได้คำตอบตรงกันไหม คือ ลองคิดอีกรอบว่าคำตอบตรงกับการใช้ข้อความคาดการณ์ไหม

สิงหา : ดูจากใบกิจกรรม ดูจากความสัมพันธ์ที่ได้เรียนรู้ทั้งหมด และรอครูเฉลย

กระป๋อง : ดูจากใบกิจกรรม คือ ดูว่าข้อความคาดการณ์ที่ได้สัมพันธ์กับข้อมูลได้ในใบกิจกรรมไหม และรอครูเฉลย

ลานนา : ลองเช็คคำตอบกับเพื่อนก่อน แล้วรอครูเฉลย

คาบเรียนที่ 12 กิจกรรมที่ 11 “ปริมาตรของกรวย” เมื่อนักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยโดยอาศัยปริมาตรของทรงกระบอกที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยนักเรียนสามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นด้วยการคำนวณหาปริมาตรกรวยโดยอาศัยปริมาตรของทรงกระบอกที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยการใช้ข้อความคาดการณ์ที่ได้ในการคำนวณ และพิจารณาความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม หรือการพิจารณาจากการดูข้อมูลปริมาตรของกรวยที่บันทึกอยู่ในตารางบันทึกข้อมูล พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น โดยกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยโดยอาศัยปริมาตรของทรงกระบอกที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยใช้การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม นักเรียนมีการพิจารณาข้อความคาดการณ์กับค่าของตัวเลขในตารางบันทึกข้อมูลรวมถึงคำตอบที่ได้จากการตอบคำถามซึ่งเป็นคำตอบที่ใช้เป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ และมีจำนวนนักเรียนเพิ่มขึ้นในบางกลุ่มที่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ต้องใช้คำนวณลงไปแทนค่าลงในข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความ

ถูกต้อง สำหรับนักเรียนเป้าหมาย นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีการฝึกคิดหรือเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเองในสมุดบันทึกของตนเองก่อนที่จะนำข้อความคาดการณ์นั้นมาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นข้อความคาดการณ์ของกลุ่ม จากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยจากนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมาย พบว่านักเรียนในกลุ่มจะมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง ด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม ตรวจสอบข้อความคาดการณ์กับเพื่อนในกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการรอผลเฉลยของครู มีเพียงนานามีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ต้องใช้คำนวณลงไปแทนค่าลงไปข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้ถูกต้อง

นานา : ก็ลองใช้สูตรที่ได้มาเอามาแทนค่าคะ ก็ได้ตรงคะ

สิงหา : ดูจากความสัมพันธ์ครับ ที่ได้มาจากการทดลองแล้ว และก็ดูการหาครับ ว่ามันหาได้จริงไหม

กระป๋อง : ผมรู้จะครับว่า ต้องเขียนความสัมพันธ์ของกรวยกับทรงกระบอก แต่ก็ไม่ได้เขียนลงไปครับ จากนั้นผมก็รอครูเฉลยทำกิจกรรมครับ

ลานนา : ดูจากเพื่อนคะ หนูอธิบายข้อความคาดการณ์ให้เพื่อนฟังคะ ว่าเพื่อนเห็นว่า เป็นไง และดูที่ครูเฉลยคะ

ในช่วงท้ายที่สุดของกิจกรรม คาบที่ 16 กิจกรรม “ปัญหารูปเรขาคณิตสามมิติ ตอนที่ 1 เรื่อง ปริมาตรของครึ่งทรงกลม” (ใช้การจัดการเรียนรู้แบบเกมเป็นฐาน (GBL)) เมื่อนักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยปริมาตรของกรวยที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยนักเรียนสามารถตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นด้วยการคำนวณหาปริมาตรครึ่งทรงกลมโดยอาศัยปริมาตรของกรวยที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยการใช้ข้อความคาดการณ์ที่ได้ในการคำนวณ และพิจารณาความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม หรือการพิจารณาจากการดูข้อมูลปริมาตรของครึ่งทรงกลมที่บันทึกอยู่ในตารางบันทึกข้อมูล พบว่า กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสำคัญและใส่ใจมีการตรวจสอบข้อความ

คาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น โดยกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ ปริมาตรของครึ่งทรงกลมโดยอาศัยปริมาตรของกรวยที่มีความสัมพันธ์กันของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยใช้การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม นักเรียนมีการพิจารณาข้อความคาดการณ์กับค่าของตัวเลขในตารางบันทึกข้อมูล รวมถึงคำตอบที่ได้จากการตอบคำถามซึ่งเป็นคำตอบที่ใช้เป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ และมีจำนวนนักเรียนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในบางกลุ่มที่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ปริมาตรของครึ่งทรงกลมที่ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ต้องใช้คำนวณลงไปแทนค่าลงไปข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง สำหรับนักเรียนเป้าหมาย นานา สิงหา กระป๋อง และลานนา นักเรียนทุกคนในกลุ่มมีการฝึกคิดหรือเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเองในสมุดบันทึกของตนเองก่อนที่จะนำข้อความคาดการณ์นั้นมาแบ่งปันกับสมาชิกในกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปที่เป็นข้อความคาดการณ์ของกลุ่ม จากการสัมภาษณ์ พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยจากนักเรียนทุกคนในกลุ่มเป้าหมาย พบว่า นักเรียนในกลุ่มจะมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์อีกครั้ง ด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม ตรวจสอบข้อความคาดการณ์กับเพื่อนในกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการรอผลเฉลยของครู ซึ่งมีรายละเอียดตามผลการสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมายแต่ละคนเกี่ยวกับการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ผู้วิจัย : นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้ถูกต้อง

นานา : ดูกับเพื่อนในกลุ่มว่าตรงกันไหม ก็ตรงบ้างและไม่ตรงบ้างค่ะ สลับที่ค่ะ

สิงหา: เออ...ก็จะดูได้ที่ในตารางครับ อีกอันก็ดูตอนเฉลยอีกทีหนึ่ง คือ ดูว่าข้อมูลสัมพันธ์กับตารางไหม ของกลุ่มผมมีแตกต่างครับ เออ...อาจจะไม่ตรงคำถามนิดหนึ่ง ตอบสลับที่ครับ

กระป๋อง: ดูจากใบกิจกรรม และดูจากการอธิบายตอนท้ายครับ

ลานนา: ก็จะถามจากเพื่อนในกลุ่มค่ะ ว่าข้อความคาดการณ์ของหนูเหมือนกับเหมือนกับเพื่อนหรือเปล่า และรอจากที่ครูเฉลยค่ะ

จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด ทำให้สรุปได้ว่า ช่วงแรกของการทำกิจกรรมกลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น โดยมีการตรวจสอบเพียงเล็กน้อยผ่านการสนทนาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนภายในกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการรอผลเฉลยของครู สำหรับในช่วงที่สองของกิจกรรมนักเรียน

เริ่มแสดงพฤติกรรมการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น โดยกลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ของกลุ่มตนเองอีกครั้ง โดยใช้การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรม และยังคงใช้การตรวจสอบข้อความคาดการณ์กับเพื่อนในกลุ่ม และตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์จากการเฉลยของครู และมีจำนวนนักเรียนเพิ่มขึ้นในบางกลุ่มที่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ที่ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ต้องใช้คำนวณลงไปแทนค่าลงในข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และในท้ายที่สุดของกิจกรรมนักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น โดยใช้กลุ่มของนักเรียนส่วนใหญ่ใช้การตรวจสอบในลักษณะเดียวกันกับช่วงที่ 2 และยังพบว่า มีจำนวนนักเรียนเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในบางกลุ่มที่มีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์ได้ ด้วยการนำข้อมูลที่ต้องใช้คำนวณลงไปแทนค่าลงในข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยนักเรียนแสดงพฤติกรรมเช่นนั้นจนสิ้นสุดกิจกรรม

ดังที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์มากขึ้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น ฝึกให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตและค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และสามารถหาข้อสรุปที่เรียกว่าข้อความคาดการณ์ ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการอ่านค่าชี้แจงในใบกิจกรรมการเรียนรู้ และลงมือปฏิบัติสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูล ซึ่งมาจากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ หรือจากการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ หรือข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของทุกกลุ่ม มาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล โดยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น ต่อจากนั้นนักเรียนได้นำคำตอบที่ได้มาหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ แล้วนำข้อมูลของความสัมพันธ์ที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้น พฤติกรรมดังกล่าวทั้งหมดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมาย สมมติฐานและวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

สมมติฐานของการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

2. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไปของจำนวนนักเรียนทั้งหมด

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย

1.1 กลุ่มนําร่อง

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) จำนวน 2 ห้อง โดยมีกลุ่มนําร่องเป็นนักเรียนจำนวน 1 ห้อง

ที่ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 22 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย และเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยจะนำนักเรียนทั้ง 22 คนไปใช้ในการหาประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ โดยพิจารณาจากคะแนนของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2565 แล้วแบ่งเป็น ควอไทล์ที่ 1 ถึง ควอไทล์ที่ 3 ($Q_1 - Q_3$) จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูง คือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า Q_3 กลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ Q_1 ถึง Q_3 และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ คือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า Q_1 โดยให้นักเรียนในการทดลองหาประสิทธิภาพ 3 ครั้ง ดังนี้

1.1.1 การหาประสิทธิภาพรายบุคคล

เป็นนักเรียนจำนวน 3 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น ภูมิจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มสูง 1 คน กลุ่มปานกลาง 1 คน นำมาจัดกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1.1.2 การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย

เป็นนักเรียนจำนวน 8 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น ภูมิจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มสูง 2 คน กลุ่มปานกลาง 4 คน และกลุ่มต่ำ 2 คน นำมาจัดเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน และไมใช่นักเรียนในกลุ่มรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ไมใช่นักเรียนในข้อ 1.1.1

1.1.3 การหาประสิทธิภาพภาคสนาม

เป็นนักเรียน 11 คน ที่ไมใช่นักเรียนในกลุ่มรายบุคคลและกลุ่มย่อย ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มสูง 3 คน กลุ่มปานกลาง 5 คน และกลุ่มต่ำ 3 คน นำมาจัดเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน จำนวน 2 กลุ่ม และกลุ่มละ 3 คน จำนวน 1 กลุ่ม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถ

ในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ไม่ใช่ นักเรียนในข้อ 1.1.1 และข้อ 1.1.2

1.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

ผู้วิจัยนำผลที่ได้ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมอีก 3 ส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับการกำหนดกรอบแนวคิดของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาความเกี่ยวข้องของสาระการเรียนรู้การวัดและเรขาคณิตของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ระดับประถมศึกษา กับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ส่วนที่ 2 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นที่มีต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร ของรูปเรขาคณิตสามมิติและการสัมภาษณ์นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (มัธยมศึกษา) ที่ผ่านการเรียนเรื่องดังกล่าวมาแล้ว และส่วนที่ 3 กระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิตที่ได้จากการสังเคราะห์งานวิจัยของ Karl Josef Klauer et al. กับ Constantinos Christou and Eleni Papageorgiou ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การค้นหาคุณลักษณะที่ความเหมือนกันระหว่างรูปร่าง (2) การค้นหาคุณลักษณะที่ความแตกต่างระหว่างรูปร่าง และ (3) การค้นหาคุณลักษณะระหว่างความเหมือนกันและความแตกต่างกันตั้งแต่สองอย่างขึ้นไปพร้อมกัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะช่วยให้ นักเรียนสามารถค้นพบความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ จากนั้นผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นพิจารณา ร่วมกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ได้จากการสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของแต่ละวิธีจากนักวิชาการหลายท่าน โดยในงานวิจัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้ 4 วิธี ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวน การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน และการจัดการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW เพื่อให้เห็นแนวทางในการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกดังกล่าวประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 แผน ซึ่งแต่ละแผนประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ใบกิจกรรมการเรียนรู้ ใบตรวจสอบความรู้พร้อมเฉลยคำตอบ และแต่ละแผนเป็นกิจกรรมกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนรู้จักใช้เหตุผล รับฟังและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ยอมรับเหตุผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือข้อความคาดการณ์ที่สมบูรณ์ที่สุดของกลุ่ม ฝึกการทำงานเป็นกลุ่มส่งเสริมทักษะความร่วมมือ (Collaboration) ซึ่งแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียน 4 คน แบบคละความสามารถ และใช้เวลา

แผนละ 1 คาบ คาบละ 50 นาที มีการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยรายบุคคลระหว่างเรียน 3 คาบและหลังเรียน 1 คาบ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบฉบับละ 50 นาที เป็นการวัดกิจกรรมการเรียนรู้นอกเวลาเรียนปกติ มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยในด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่นำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ ผ่านการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น

1.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย (1) เครื่องมือสำหรับการวัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คือ แผนจัดการเรียนรู้จำนวน 15 แผน โดยเป็นกิจกรรมกลุ่มทั้ง 15 แผน แผนละ 50 นาที เนื้อหาที่ใช้ในการวัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในสาระการวัดและเรขาคณิต เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ของนักเรียนไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (2) เครื่องมือสำหรับการวัดและประเมินผลกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย (2.1) เครื่องมือสำหรับวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียน จำนวน 3 ฉบับ มีแบบทดสอบฉบับละ 2 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเรียน 1 ฉบับ มีแบบทดสอบจำนวน 3 ข้อ (2.2) เครื่องมือสำหรับศึกษาพฤติกรรมการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และแบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อสอบถามนักเรียนเป้าหมายเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของแต่ละคน โดยใช้หลังสิ้นสุดกิจกรรมเรียนรู้ในแต่ละคาบเรียน

หลังจากผู้วิจัยดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมปริญญาโท เพื่อพิจารณาปรับปรุงแก้ไข เมื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจนผ่านคณะกรรมการควบคุมปริญญาโทแล้ว จึงนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและความ

เหมาะสมทางภาษาที่ใช้ โดยรายการประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินจะต้องมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป ซึ่งแปลความได้ว่า มีระดับคุณภาพระดับดีมาก ทั้งนี้ ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ถึงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74, 4.86, 4.86, 4.91, 4.79, 4.62, 4.67, 4.76, 4.62, 4.62, 4.84, 4.91, 4.88, 4.88 และ 4.93 ตามลำดับ ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 15 แผน มีระดับคุณภาพระดับดีมาก สำหรับไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนในส่วนของแบบทดสอบผู้วิจัยทำการคัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนทั้ง 3 ฉบับ มีค่าเฉลี่ย IOC แต่ละฉบับ เท่ากับ 0.84, 1.00 และ 1.00 ตามลำดับ และแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 1.00 ดังนั้นแบบทดสอบทุกฉบับสามารถนำไปใช้ทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของผู้เรียนได้ รวมทั้งนำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด หลังจากนั้นนำเครื่องมือไปทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มนำร่อง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร (ปฐมวัยและประถมศึกษา) โดย (1) การคำนวณค่าประสิทธิภาพในระดับรายบุคคลเพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ (2) การคำนวณค่าประสิทธิภาพในระดับกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถามและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ และ (3) การคำนวณค่าประสิทธิภาพในระดับภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของสถานการณ์ปัญหา ข้อคำถาม หาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนการสอนและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่

2.1 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่ผ่านการเรียนเนื้อหา เรื่อง รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และวงกลม ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และ ตัวชี้วัดฯ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร (ประถมวัยและประถมศึกษา)

เป็นนักเรียนจำนวน 1 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 24 คนที่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย ผ่านการตอบรับด้วยหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย และเป็นนักเรียนของห้องเรียนที่ไม่ใช่ห้องเรียนเดียวกับห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มนำร่อง จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มโดยพิจารณาจากคะแนนดิบของนักเรียนในวิชาคณิตศาสตร์ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มาจัดแบ่งเป็น ควอไทล์ที่ 1 ถึงควอไทล์ที่ 3 ($Q1 - Q3$) เพื่อแบ่งนักเรียนเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อยู่ในระดับสูง คือ กลุ่มที่มีคะแนนมากกว่า $Q3$ กลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ กลุ่มที่มีคะแนนตั้งแต่ $Q1$ ถึง $Q3$ และกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ คือ กลุ่มที่มีคะแนนน้อยกว่า $Q1$ หลังจากนั้นผู้วิจัยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งเป็นชั้นภูมิจากนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม เพื่อแบ่งนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 คน ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คนและนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน

นอกจากนี้ผู้วิจัยร่วมกับครูประจำชั้น คัดเลือกนักเรียนเป้าหมาย (Target Student) จำนวน 4 คน โดยการใช้การเลือกแบบเจาะจงรวมกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ครูประจำชั้นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียน เพื่อช่วยในการคัดเลือกนักเรียนที่มีความเชื่อมั่นกล้าแสดงออกสามารถสื่อสาร และนำเสนอแนวคิดของตนเองได้ดี ซึ่งเป็นนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับสูง 1 คน นักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับปานกลาง 2 คน และนักเรียนจากกลุ่มที่อยู่ในระดับต่ำ 1 คน เพื่อศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมที่แสดงความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

2.2 การกำหนดกรอบแนวคิด

การกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ผู้วิจัยทำการศึกษาแนวคิดของการให้เหตุผลแบบอุปนัย แนวคิดของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการให้เหตุผลแบบอุปนัยร่วมกับกรอบแนวคิดการให้เหตุผลแบบอุปนัยเกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และแนวทางการวัดประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยผู้วิจัยนำแนวคิดทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านที่ 1 ด้านการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์และด้านที่ 2 ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยใน

การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยพิจารณาจากคะแนนจากใบกิจกรรมรายบุคคลและคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และในการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย พิจารณาจากผลงานเขียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผลจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก และผลจากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยนักเรียนเป้าหมายหลังการลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกในแต่ละกิจกรรม

2.3 การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลในการศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ในระยะที่ 1 มาดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกและเก็บรวบรวมข้อมูล มีแบบแผนการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบกลุ่มเดียว มีการทดสอบหลังการทดลอง (One-Group Posttest-Only Design) ผู้วิจัยใช้เวลาในการดำเนินการทดลองทั้งหมด 19 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยแบ่งเป็นเวลาสำหรับดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก จำนวน 15 คาบเรียน และแบ่งเป็นเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เพื่อตรวจสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนจำนวน 4 คาบ โดยในคาบเรียนที่ 4, 15 และ 18 เป็นระยะเวลาในการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนครั้งที่ 1-3 และระยะเวลาสำหรับการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเรียน 1 คาบเรียน ในคาบเรียนที่ 19 โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยใช้เวลานอกเหนือจากเวลาเรียนปกติ ในแต่ละคาบเรียนผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นครู และผู้สังเกตการณ์ โดยมีผู้ช่วยวิจัย 1 คน ทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมาย และสมาชิกในกลุ่มขณะลงมือปฏิบัติกิจกรรม และหลังสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกในแต่ละกิจกรรม ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนเป้าหมาย จำนวน 4 คน เพื่อวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบอุปนัย

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนรายบุคคลจำนวน 3 ครั้งและคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังการทดลอง มาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วหาจำนวน

นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไปของคะแนนเต็ม จากนั้นผู้วิจัยทำการทดสอบสมมติฐานการวิจัยที่ว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ที่มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยใช้การทดสอบทวินาม

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยพิจารณาจากผลงานเขียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ผลจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนของนักเรียนเป้าหมาย ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก และผลจากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยนักเรียนเป้าหมายหลังการลงมือทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกในแต่ละกิจกรรม โดยมีนักเรียนเป้าหมายจำนวน 4 คน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้ผลดังนี้

ระยะที่ 1 การพัฒนาและหาประสิทธิภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ในการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ประสิทธิภาพของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 โดยมีค่าเฉลี่ย 80.24/84.15 แสดงว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 70/70

ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นมีขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมืออย่างเป็นระบบผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการและผู้เชี่ยวชาญ และนำไปใช้หาประสิทธิภาพรายบุคคล กลุ่มย่อย และภาคสนาม เมื่อพบปัญหาในการจัดกิจกรรมทำ

การแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาในแต่ละขั้นตอน ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับ วุฒิพงษ์ พันจันทร์ และคณะ (2564, น.30-31) ที่ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ สร้างและปรับปรุงเครื่องมือตามข้อเสนอแนะผู้เชี่ยวชาญ จนได้กิจกรรมที่มีประสิทธิภาพสำหรับทดลองใช้สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ค้นพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่พัฒนาขึ้นด้วยการใช้การจัดการเรียนรู้ที่ท้าทาย 4 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E วิธีที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW วิธีที่ 3 การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางและวิธีที่ 4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ในทุกกิจกรรมจะต้องมีขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอน คือ (1) มีขั้นตอนที่ส่งเสริมการค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และ (2) มีขั้นตอนที่ส่งเสริมการสร้างข้อความคาดการณ์ เพื่อทำให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย นอกจากนี้ทุกกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่จัดขึ้นได้เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง กระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น ฝึกให้นักเรียนตั้งข้อสังเกตและค้นหาคำความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และสามารถหาข้อสรุปที่เรียกว่า ข้อความคาดการณ์ด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ มัณฑนา ศรีสุจันทร์ (2560, น.91) ที่พบว่า นักเรียนจะสามารถค้นพบความสัมพันธ์ของข้อมูล เขียนและตรวจสอบข้อความคาดการณ์ได้ถูกต้องมากขึ้น จะต้องเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการให้เหตุผลแบบอุปนัยมากยิ่งขึ้นด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ อภิญา กาลมงคล และหล้า ภวภูตานนท์ (2554, น.178-179) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้เรขาคณิตที่เริ่มจากประสบการณ์ตรงของนักเรียน เช่น การจับต้องและสังเกตวัตถุจริง ช่วยเปิดโอกาสให้คิดตั้งคำถามและเชื่อมโยงข้อมูลอย่างมีเหตุผล ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้ง และเกิดความเพลิดเพลินในการเรียนรู้อย่างเป็นธรรมชาติ

ระยะที่ 2 การศึกษาความสามารถและพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

1. ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวน

มากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ .05 อาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติกับสื่อรูปเรขาคณิตสามมิติที่เป็นของจริงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ร่วมกับการฝึกให้นักเรียนทุกคนเขียนบันทึกข้อมูลลงในสมุดบันทึกส่วนตัว โดยให้เขียนส่วนของข้อมูลจากกิจกรรมและส่วนของการเขียนข้อความคาดการณ์ก่อนนำไปแบ่งปันกับเพื่อนในกลุ่ม ทำให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย สอดคล้องกับ (วิชุดา ประแดง, ต้อมตา สมใจเพ็ง และอักษรคิด, 2563, น.63) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ฝึกสังเกต สืบค้น และสร้างองค์ความรู้ พัฒนาทักษะสื่อสารและการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ การใช้วิธีการจัดการเรียนรู้เชิงรุกทั้ง 4 วิธี ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนว และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน ในลักษณะหมุนเวียน ช่วยดึงดูดและกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ทำให้เกิดความรู้สึกรู้สึกท้าทายและอยากลงมือปฏิบัติในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ พร้อมทั้งกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็น การตั้งข้อสังเกต และข้อสงสัยจากสิ่งที่พบเจอระหว่างการเรียนรู้ พยายามค้นหาคำตอบที่ได้จากการทำกิจกรรมด้วยตนเอง และยังตอบสนองเป้าหมายเฉพาะในการเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ทั้งการสำรวจและสังเกตสื่อการเรียนรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล และอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนในกลุ่ม เพื่อสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการสร้างข้อความคาดการณ์ และการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้น สอดคล้องกับ Michael J. Prince and Richard M. Felder (2006, pp.123-138) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัย (Inductive Teaching and Learning) ซึ่งครอบคลุมหลายรูปแบบ อาทิ การเรียนรู้แบบค้นพบ (Discovery Learning) และการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (IBL) โดยแต่ละวิธีจะมีรายละเอียดต่างกัน และมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการสังเกต วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเป็นหัวใจของการให้เหตุผลแบบอุปนัย ทั้งยังเน้นการใช้หลายวิธีร่วมกันในชั้นเรียนจึงสามารถเสริมจุดแข็งและลดข้อจำกัดของแต่ละวิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวคิดนี้สอดคล้องกับ Peter Doolittle, Krista Wojdak, and Amanda Walters (2023, pp.1-18) ที่เสนอว่า การเรียนรู้เชิงรุกควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้น ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การอภิปรายกลุ่ม

กรณีศึกษา เกม โดยเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเป้าหมายของบทเรียน ไม่จำเป็นต้องยึดติดกับวิธีการใดวิธีการหนึ่ง จากแนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยหมุนเวียนใช้วิธีการที่มีรากฐานจากแนวคิดอุปนัย ได้แก่ การเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน (5E) การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning) และการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw ซึ่งแต่ละวิธีมีจุดเด่นในการส่งเสริมองค์ประกอบสำคัญของการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยจัดลำดับการใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและระดับของผู้เรียน เพื่อให้การเรียนรู้เป็นระบบ และส่งเสริมต่อการพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผลในศตวรรษที่ 21

ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แต่ละวิธีที่ได้จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ดังหลักฐานงานวิจัยที่สนับสนุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E มีขั้นสำรวจและค้นหาความสัมพันธ์ของ

ข้อมูลที่จะช่วยในการส่งเสริมการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และขั้นอธิบายและเขียนข้อความคาดการณ์ที่จะช่วยในการส่งเสริมการสร้างข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับ Siwawetkul and Koraneekij (2019, p.43-45) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E มีขั้นตอนสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ ขั้นสำรวจ ช่วยให้นักเรียนค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการลงมือปฏิบัติจริง ขั้นอธิบายเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างข้อความคาดการณ์ แม้งานวิจัยนี้จะศึกษาในบริบทวิทยาศาสตร์ แต่กระบวนการคิดที่ส่งเสริมผ่านโมเดล 5E มีความสอดคล้องและสามารถประยุกต์ใช้ในบริบทของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเรื่องเรขาคณิตสามมิติ ซึ่งเน้นการสังเกต วิเคราะห์ และสร้างข้อสรุปจากประสบการณ์จริง

2) การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW มีขั้นแบ่งกลุ่มบ้าน (Home) และขั้นกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert) ซึ่งการใช้ 2 ขั้นตอนนี้ตามลำดับในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยในการส่งเสริมการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และขั้นเสนอความรู้ (Share) ที่จะช่วยในการส่งเสริมการสร้างข้อความคาดการณ์ โดยเมื่อสมาชิกทุกคนในกลุ่มบ้าน (Home) แบ่งหัวข้อที่ตนเองสนใจเพื่อไปทำการศึกษาในกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert) ด้วยการลง

เมื่อปฏิบัติกับสื่อรูปเรขาคณิตสามมิติของจริง ช่วยกันสังเกตและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาหัวข้อของตนเอง พร้อมทั้งมีการแลกเปลี่ยนพูดคุยกันเพื่อหาข้อสรุปของข้อมูลในกลุ่มเชี่ยวชาญ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มเชี่ยวชาญที่ศึกษาหัวข้อเดียวกันเกิดความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้น แล้วสามารถนำข้อมูลหรือความรู้ที่ได้กลับไปถ่ายทอด (Share) ให้สมาชิกในกลุ่มบ้านของตนเองให้เข้าใจ จากนั้นสมาชิกทุกคนในกลุ่มบ้านร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากสมาชิกทุกคนเพื่อหาความสัมพันธ์ที่มีร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ อย่างเป็นเหตุเป็นผลที่จะไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ ซึ่งสมาชิกทุกคนจะช่วยกันนำข้อมูลความสัมพันธ์ที่ได้มาหาข้อสรุปและสร้างข้อความคาดการณ์ของกลุ่ม สอดคล้องกับ Jamilu, Iliyasu, Shehu, and Vincent (2022, pp.102-111) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค JIGSAW มีขั้นตอนสำคัญที่สนับสนุนการให้เหตุผลแบบอุปนัย ได้แก่ ขั้นกลุ่มเชี่ยวชาญ (Expert Group) และขั้นกลุ่มบ้าน (Home Group) โดยกระบวนการที่นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาในบทบาทของผู้เชี่ยวชาญ แล้วกลับมาแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ในกลุ่มบ้าน ส่งเสริมให้นักเรียน ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการเรียนรู้ในกลุ่มเชี่ยวชาญ และ สร้างข้อสรุปพร้อมอธิบายด้วยเหตุผล ในการเสนอความรู้แก่เพื่อนสมาชิกในกลุ่มบ้าน ซึ่งเป็นกระบวนการคิดที่สอดคล้องกับการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยเฉพาะในการเรียนรู้เรื่องเรขาคณิต ที่ต้องวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายมุมมองก่อนสรุปเป็นแนวคิดทางคณิตศาสตร์

(3) การจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง มีขั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา

ขั้นรวบรวมข้อมูลหาความสัมพันธ์ ขั้นวิเคราะห์และตีความข้อมูล ซึ่งการใช้ 3 ขั้นตอนนี้ตามลำดับในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยในการส่งเสริมการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์ที่ช่วยในการสร้างข้อความคาดการณ์ สอดคล้องกับ Muhali et al. (2021, p.229-234) ที่ได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Guided Discovery Learning) โดยกำหนดขั้นตอนที่ชัดเจน ได้แก่ ขั้น Stimulation และ Problem Statement ซึ่งสอดคล้องกับขั้นเรียนรู้ สังเกต และหาวิธีแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามจากสถานการณ์ที่กำหนดและค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ส่วนขั้น Data Collection มีความสอดคล้องกับขั้นรวบรวมข้อมูลหาความสัมพันธ์ ที่เน้นการให้ผู้เรียนสังเกต ทดลอง และเก็บข้อมูลด้วยตนเองเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงตรรกะของข้อมูล ขณะที่ขั้น Data Processing สอดคล้องกับขั้น

วิเคราะห์และตีความข้อมูล ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยผ่านการจัดระเบียบข้อมูลและเชื่อมโยงเหตุและผล และสุดท้าย ขั้น Verification และ Generalization มีลักษณะสอดคล้องกับขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์ ซึ่งนักเรียนจะได้ทดสอบความถูกต้องของข้อสรุปและสังเคราะห์เป็นแนวคิดหรือหลักการที่สามารถอธิบายสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีเหตุผล

(4) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน มีชั้นเล่เกมตามกติกาการทำซ้ำ ๆ และหลากหลาย สังเกตรวบรวมข้อมูลที่จะช่วยในการส่งเสริมการค้นหาคำสัมพันธ์ของข้อมูลนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ร่วมกับกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิต และชั้นอภิปรายผลการเล่นเกมที่ช่วยในการส่งเสริมการสร้างข้อความคาดการณ์สอดคล้องกับ Pásztor, A., Magyar, A., Pásztor-Kovács, A., and Rausch, A. (2022, p.5-18) ที่ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ผ่านเกมเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยกำหนดลำดับขั้นสำคัญ 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ขั้นเผชิญปัญหา/เล่นเกมตามกติกา ซึ่งผู้เรียนเข้าสู่สถานการณ์ใหม่ในเกมที่นำเสนอข้อมูลไม่คุ้นเคย และต้องตีความเพื่อทำภารกิจให้สำเร็จ โดยเกมถูกออกแบบให้ผู้เรียนสำรวจ สังเกต ทำซ้ำและแยกแยะลักษณะเฉพาะของข้อมูล (2) ขั้นสังเกต หาคำสัมพันธ์ และตั้งสมมติฐาน ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลและตั้งข้อสรุปเบื้องต้นแบบอุปนัย (3) ขั้นทดลองใช้และตรวจสอบกฎ โดยให้ผู้เรียนได้นำสมมติฐานที่ตั้งไว้ไปทดสอบในสถานการณ์ใหม่ และ (4) ชั้นอภิปราย สรุป และประเมินผล ซึ่งผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับหรือร่วมอภิปรายเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแนวคิดและสร้างข้อสรุปที่ครอบคลุมมากขึ้น ทั้งนี้ กระบวนการดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบ และการพัฒนาข้อความคาดการณ์ในบริบทของคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับรูปเรขาคณิตสามมิติอย่างมีประสิทธิภาพ

อีกทั้ง การเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหา เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างมีประสิทธิภาพ Michael, J. Prince and Richard, M. Felder (2006, p.123-138) ได้เสนอหลักการสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัย (Inductive Teaching and Learning) โดยระบุว่า แม้วิธีการแต่ละแบบ ได้แก่ การเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E การเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง (Discovery/Guided Discovery) และการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน (Game-Based Learning) จะมีจุดเด่นและรายละเอียดต่างกัน แต่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ตรงผ่านการสังเกต วิเคราะห์ และสรุปข้อมูลด้วยตนเอง ที่สำคัญ Prince และ

Felder ยังชี้ให้เห็นว่า การใช้วิธีการเรียนรู้หลายรูปแบบร่วมกัน โดยเลือกให้สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหาแต่ละบทเรียน จะช่วยส่งเสริมจุดแข็งของแต่ละวิธีและลดข้อจำกัดของการใช้วิธีเดียว เช่น การเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวน 5E เหมาะกับเนื้อหาที่เน้นการตั้งคำถามและสำรวจ การเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค Jigsaw เหมาะกับเนื้อหาที่แบ่งได้เป็นหัวข้อย่อยเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทางเหมาะกับเนื้อหาที่เน้นการค้นพบความสัมพันธ์ของข้อมูล และ การเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานเหมาะกับเนื้อหาที่ต้องการแรงจูงใจสูงหรือการจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อน เป็นต้น แนวคิดนี้สอดคล้องกับแนวทางของผู้วิจัยในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หมุนเวียนการใช้ 4 วิธีตามความเหมาะสมของเนื้อหา เพื่อพัฒนาระบบการให้เหตุผลแบบอุปนัยอย่างมีระบบและประสิทธิภาพ

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วิธีการจัดการเรียนรู้เชิงรุกทั้ง 4 วิธีที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สอดคล้องกับ ศิริมา วงษ์สกุลดี, พรณ ทิพาพรหมรักษ์ และ อังคนะภัทรขจร (2558, น.127) พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์แบบเชิงรุกช่วยให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง คิดวิเคราะห์ สรุปด้วยเหตุผล และพัฒนาทักษะการอธิบาย โดยมีครูคอยแนะนำและกระตุ้น ส่งผลให้เข้าใจเนื้อหาและให้เหตุผลได้ดีขึ้น

2. พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การวิเคราะห์ผลงานเขียนจากใบกิจกรรมการเรียนรู้ในการเรียนรู้เชิงรุกที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ผลจากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียนของนักเรียนเป้าหมาย ผลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเป้าหมายขณะลงมือทำกิจกรรม และผลจากการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป้าหมายหลังการลงมือทำกิจกรรมแต่ละกิจกรรม พบว่า เมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์มากขึ้นในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ และด้านการเขียนข้อความคาดการณ์ ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.1 พฤติกรรมด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์

ในการศึกษาพฤติกรรมในด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยทำการพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการหาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่จะนำไปสู่ความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลของข้อความในกรณีทั่วไป ซึ่งผลการวิจัยพบว่า

นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนลงมือสำรวจพร้อมกับสังเกตสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น (2) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลหรือข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของทุกกลุ่มมาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และ (3) นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) นักเรียนลงมือสำรวจพร้อมกับสังเกตสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติที่ใช้ในการทำกิจกรรมอย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย พบว่า นักเรียนลงมือสำรวจพร้อมทั้งสังเกตเปรียบเทียบรายละเอียดลักษณะความเหมือนและลักษณะความแตกต่างของสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติอย่างละเอียด จะทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลเพียงพอและครบถ้วนสมบูรณ์จากการทำกิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนเกิดการสังเกตเปรียบเทียบ และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ได้ สอดคล้องกับ de Oliveira, M. C. A., and Carneiro, R. F. (2022, 537-566) ที่พบว่า การเรียนรู้เรขาคณิตในระดับประถมศึกษา ควรเน้นให้ผู้เรียนได้สังเกต จำต้อง และเปรียบเทียบลักษณะของรูปทรงสามมิติอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดการเข้าใจความสัมพันธ์ของโครงสร้างรูปทรงอย่างลึกซึ้ง พฤติกรรมของนักเรียนที่ใส่ใจในการสำรวจและเปรียบเทียบรายละเอียดของสื่อการเรียนรู้ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ข้อมูลและเกิดความเข้าใจอย่างเป็นระบบ

(2) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกข้อมูลหรือข้อมูลที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันของทุกกลุ่มมาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย พบว่า นักเรียนที่ให้ความสำคัญและใส่ใจในการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพร้อมทั้งสังเกตสื่อการเรียนรู้ หรือการทดลองกับสื่อการเรียนรู้ ที่บันทึกในตารางบันทึกข้อมูลมาช่วยในการตอบคำถามในใบกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนมีพัฒนาการที่ชัดเจนในการใช้ข้อมูล การตอบคำถามอย่างมีเหตุผล และการใช้ภาษาทางวิชาการช่วยให้พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากได้รับประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มากขึ้น สอดคล้องกับ Nitin Bajpai and Jyoti Pandey (2024, p.123-130) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมเชิงรุกให้นักเรียนสำรวจ สังเกต และ

บันทึกข้อมูลในตาราง เพื่อนำไปวิเคราะห์และตอบคำถาม ช่วยพัฒนาการใช้ข้อมูล การคิดวิเคราะห์ การสื่อสารเชิงวิชาการ และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่องในนักเรียนระดับประถมศึกษา

(3) นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผล ด้วยการตอบคำถามได้ถูกต้องและเขียนคำตอบได้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย พบว่า นักเรียนที่ให้ความสำคัญและใส่ใจในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามที่ต้องใช้การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ถูกต้อง และเขียนอธิบายรายละเอียดของคำตอบที่ต้องแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากได้รับประสบการณ์ในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มากขึ้น ทั้งนี้การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลอย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ต้องใช้การสังเกตพิจารณา ลักษณะความเหมือนกันและลักษณะความแตกต่างของสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติของจริง อย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับ B. Febrilia and D. Winarti (2018, p.1-8) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมให้นักเรียน ลงมือปฏิบัติกับสื่อการเรียนรู้รูปเรขาคณิตสามมิติของจริง ช่วยพัฒนาทักษะสังเกตและวิเคราะห์ความเหมือน ความแตกต่างขององค์ประกอบอย่างเป็นระบบ ทำให้นักเรียนสร้างความสัมพันธ์ข้อมูลย่อยได้อย่างมีเหตุผล และตอบคำถามพร้อมอธิบายรายละเอียดได้ถูกต้องชัดเจนขึ้น

2.2 พฤติกรรมด้านการเขียนข้อความคาดการณ์

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมในด้านการสร้างข้อความคาดการณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เป็นนักเรียนเป้าหมาย ผู้วิจัยทำการพิจารณาการแสดงออกของนักเรียนในการอธิบาย (การเขียนหรือบอก) ข้อความคาดการณ์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงออกอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น และ (2) นักเรียนมีการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย พบว่า ช่วงแรกนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่ให้ความสำคัญกับการเขียนข้อความคาดการณ์ และยังขาดทักษะในการสังเกตและเชื่อมโยงข้อมูล

ย่อยอย่างมีเหตุผล ส่งผลให้การเขียนยังไม่ถูกต้องและไม่สมบูรณ์ ในช่วงที่สอง นักเรียนเริ่มสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลย่อยได้ดีขึ้น และนำมาใช้เขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากขึ้น แม้ยังมีบางส่วนของข้อความสมบูรณ์อยู่บ้าง และในช่วงสุดท้าย นักเรียนให้ความสำคัญและใส่ใจในการเขียนข้อความคาดการณ์ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากได้รับประสบการณ์ในการฝึกการสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างข้อมูลย่อย ๆ แล้วค้นพบความสัมพันธ์ร่วมกันของข้อมูลในการทำกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่มากขึ้น สอดคล้องกับ Elizabeth Warren and TOM Cooper (2005, p.150-162) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์และสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างข้อมูลย่อยจากตารางข้อมูลจริงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก นักเรียนจะสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างถูกต้องและละเอียดมากขึ้น การเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านี้ช่วยให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้ง และสามารถสื่อสารความคิดผ่านข้อความคาดการณ์ได้อย่างมีเหตุผลและชัดเจน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนฝึกเขียนข้อความคาดการณ์ของตนเองลงในสมุดบันทึกของตนเองในการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถเขียนข้อความคาดการณ์ได้อย่างละเอียดมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ ญัฐพงษ์ กอสวัสดิ์พัฒน์ (2559, น.134-136) ที่พบว่า การจัดกิจกรรมเรียนรู้ควบคู่กับการให้นักเรียนเขียนสรุปความคิดรวบยอดด้วยภาษาของตนเองในบันทึกการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

(2) นักเรียนมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์งานเขียนของนักเรียนในการให้เหตุผลแบบอุปนัย และผลการสังเกตของผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย และผลการสัมภาษณ์พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้นมากขึ้น พบว่า ช่วงแรกว่านักเรียนส่วนใหญ่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์เบื้องต้นเพียงเล็กน้อย ผ่านการพูดคุยกับเพื่อนและรอผลเฉลยจากครู ในช่วงที่สอง นักเรียนเริ่มพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลจากใบกิจกรรมเพื่อตรวจสอบข้อความคาดการณ์มากขึ้น และบางส่วนนำข้อมูลที่ใช้คำนวณแทนค่าลงในข้อความคาดการณ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องมากขึ้น ช่วงสุดท้าย นักเรียนให้ความสำคัญกับการตรวจสอบข้อความคาดการณ์มากขึ้น โดยยังใช้วิธีเดิมจากช่วงที่สอง และมีนักเรียนบางกลุ่มเพิ่มการตรวจสอบโดยการแทนค่าตัวแปร การคำนวณในข้อความคาดการณ์อย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดกิจกรรม ซึ่งการตรวจสอบข้อความคาดการณ์เบื้องต้นนี้ จะช่วยฝึกให้นักเรียนเกิดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างเป็นระบบ ช่วยเพิ่มความชัดเจนในกระบวนการคิด และส่งเสริมทักษะการสื่อสารเชิงคณิตศาสตร์ ผ่านการอธิบายและตรวจสอบเหตุผลของตนเองกับเพื่อน และผลจากการ

ฝึกฝนทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทั้งด้านการให้เหตุผล การตรวจสอบคำตอบ และการสื่อสารอย่างเป็นเหตุเป็นผลอย่างละเอียดมากขึ้น สอดคล้องกับ Smit Robbert, Dober Heidi, Hess Kurt, Bachmann Patricia, and Thomas (2023, p.277-300) ที่พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ระดับประถมศึกษา การให้ข้อมูลย้อนกลับจากครูอย่างต่อเนื่องมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน รวมถึงการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มช่วยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด ตรวจสอบ และอธิบายเหตุผลของตนเองในบริบทของห้องเรียน มีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทักษะด้านการให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้

เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.24/84.15 เป็นไปตามเกณฑ์ตาม 70/70 เป็นกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต ค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล สามารถสร้างข้อความคาดการณ์ หรือข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย ผู้วิจัยจึงเห็นว่า งานวิจัยนี้สามารถประเมินบนฐานสมรรถนะและอาจพัฒนาเป็นรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายได้ในอนาคต

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญ .05 เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นในการส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัย สำหรับประเด็นในการวิจัยครั้งต่อไป ควรนำแนวทางการวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับสาระอื่น ๆ ของคณิตศาสตร์และสาระวิชาอื่น หรือนำแนวทางการวิจัยนี้ไปเสริมสร้างทักษะและกระบวนการในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการแก้ปัญหา ด้านความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- Bajpai, N., and Pandey, J. (2024). The effectiveness of experiential learning on mathematics achievement among fifth grade school students: A quasi-experimental study. *International Journal of Indian Psychology*, 12(1), 525–535. doi:10.25215/1201.048
- Baker, W. (2016). Discovery method and teaching-research. in B. Czarnocha, M. Baker, O. Dias, and V. Prabhu (Eds.), *The creative enterprise of mathematics teaching research* (pp. 245–252). Rotterdam: Sense Publishers.
- Basra, M., and Fauzi, K. M. A. (2017). An analysis of students' mathematical reasoning ability using metacognitive strategy based learning in Malay culture among junior high school students. *Journal of Education and Practice*, 8(21), 87–92. Retrieved from <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/download/37933/39018>.
- Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). *Active learning: Creating excitement in the classroom* (ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1). Washington, DC: The George Washington University, School of Education and Human Development. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>
- Bonwell, C. C., and Sutherland, T. E. (1996). The active learning continuum: Choosing activities to engage students in the classroom. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(67), 3–16. doi:10.1002/tl.37219966704
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Christou, C., and Papageorgiou, E. (2007). A framework of mathematics inductive reasoning. *Learning and Instruction*, 17(1), 55-66.
- de Oliveira, M. C. A., & Carneiro, R. F. (2022). Geometry teaching in the early years: A history that encourages reflections on the present. *Acta Scientiae*, 24(8), 537–566.

- Debrenti, E. (2024). Game Based Learning Experiences in Primary Mathematics Education. *Frontiers in Education*, 9, 1331312. doi:10.3389/feduc.2024.1331312
- Delors, J., and International Commission on Education for the Twenty-first Century. (1996). *Learning: The treasure within: Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*. Paris: UNESCO Publishing.
- Doolittle, P., Wojdak, K., and Walters, A. (2023). Defining active learning: A restricted systematic review. *Teaching and Learning Inquiry*, 11, 1–24. doi:10.20343/teachlearningqu.11.25
- Febrilia, B. R. A., and Winarti, D. W. (2018). Deepening students' understanding of triangle topic through 'application' component of ELPSA (Experience, Language, Pictorial, Symbol and Application) framework. *Journal of Physics: Conference Series*, 1088(1), 012085. doi:10.1088/1742-6596/1088/1/012085
- Gunhan, B. C. (2014). A case study on the investigation of reasoning skills in geometry. *South African Journal of Education*, 34(2), Article 910, 1–19. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1137327.pdf>
- Hačtrjana, L., and Namsone, D. (2024). Breaking down the concept of students' thinking and reasoning skills for implementation in the classroom. *Journal of Intelligence*, 12(11), 109.
- Jamilu, A. A., Iliyasu, A., Shehu, M. D., & Vincent, D. J. (2022). Effects of Jigsaw IV Cooperative Learning Strategy on students' performance and retention in geometry among secondary school students in Zaria Metropolis, Kaduna State, Nigeria. *Rima International Journal of Education*, 1(1), 102–111. doi:10.5281/zenodo.7050436
- Klauer, K. J., Willmes, K., and Phye, G. D. (2002). Inducing inductive reasoning: Does it transfer to fluid intelligence? *Contemporary Educational Psychology*, 27(1), 1-25.
- Moore, K. D., and Quinn, C. (1994). *Secondary instructional methods*. Madison, Wis. : WCB Brown & Benchmark.

- Muhali, M., Prahani, B. K., Mubarak, H., Kurnia, N., and Asy'ari, M. (2021). The impact of guided-discovery-learning model on students' conceptual understanding and critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 5(3), 227-240.
- Mulryan, C. M. (1995). Fifth and sixth graders' involvement and participation in cooperative small groups in mathematics. *The Elementary School Journal*, 95(4), 297–310. doi:10.1086/461844
- Mutia Basra, and Kms. M. Amin Fauzi. (2017). An Analysis of Students' Mathematical Reasoning Ability Using Metacognitive Strategy Based-learning in Malay Culture among Junior High School Students. *Journal of Mathematics Education and Practice* 8(21), 87-92.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Executive Summary Principles and Standards for School Mathematics*. Retrieved from https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_and_Positions/PSSM_ExecutiveSummary.pdf
- Nguyen, K. A., Borrego, M., Finelli, C. J., DeMonbrun, M., Crockett, C., Tharayil, S., & Rosenberg, R. (2021). Instructor strategies to aid implementation of active learning: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 8, 1–18.
- Pásztor, A., Magyar, A., Pásztor-Kovács, A., and Rausch, A. (2022). Online assessment and game-based development of inductive reasoning. *Journal of Intelligence*, 10(3), 59. doi:10.3390/jintelligence10030059
- Pho, A., and Dinscore, A. (2015). *Game-based learning (Spring 2015). Tips and Trends, Instructional Technologies Committee, ACRL Instruction Section*. Retrieved from <https://acrl.ala.org/IS/wp-content/uploads/2014/05/spring2015.pdf>
- Phuntsho, K., and Gyeltshen, S. (2022). Effectiveness of Jigsaw Method in Teaching Mathematics: A Study of Class IX Students in Bhutan. *Bhutan Journal of Research and Development*, 11(1), 1-12. Retrieved from <https://www.bjrd.org.bt/index.php/bjrd/article/view/133>.
- Prince, M., and Felder, R. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of college science teaching*, 36(5), 14.

- Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123–138. doi:10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x
- Rafika Said, Sudiyanto Sudiyanto, and Usodo, B. (2019). *The Use of Guided Discovery Learning Model In Mathematics Subject*. Retrieved August 27, 2021, from <https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.27-4-2019.2286897>
- Rohana, B. (2015). The enhancement of students teacher mathematical reasoning ability through reflective learning. *Journal of education and practice*, 6(20), 108-114.
- Rungfa Janjaruporn. (2005). *The development of a problem-solving instructional program to develop preservice teachers' competence in solving mathematical problems and their beliefs related to problem solving*. (Disertation (Ed.D. (Mathematics Education)). Graduate School Srinakharinwirot University, Bankok.
- Runisah, Herman, T., & Dahlan, J. A. (2017). Using the 5 E Learning Cycle with Metacognitive Technique to Enhance Students' Mathematical Critical Thinking Skills. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 1(1), 87–98. <https://doi.org/10.12928/ijeme.v1i1.5761>.
- Said, R., Sudiyanto, and Usodo, B. (2019). The use of guided discovery learning model in mathematics subject. Proceedings of the 5th International Conference on Education and Technology (ICET 2019). doi:10.4108/eai.27-4-2019.2286897
- Siwawetkul, W., and Koraneekij, P. (2019). Effect of 5 E instructional model on mobile technology to enhance reasoning ability of lower primary school students. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 41(1), 40–45. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/229138>.
- Slavin, R. E. (1990). *Cooperative Learning: Theory, Research, and Practice*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Smit, R., Dober, H., Hess, K., Bachmann, P., and Birri, T. (2023). Supporting primary students' mathematical reasoning practice: The effects of formative feedback and the mediating role of self efficacy. *Research in Mathematics Education*, 25(3), 277–300. doi:10.1080/14794802.2022.2062780

- Steinbrink, J. J., and Stahl, R. J. (1994). Jigsaw III = Jigsaw II + Cooperative test review: Application to the social studies classroom. in R. J. Stahl (Ed.), *Cooperative learning in social studies: A handbook for teachers* (pp. 131–152). California: Addison-Wesley Publishing Company.
- Stiff, L., and Curcio, F. R. (1999). *Developing mathematical reasoning in grades K-12*. Reston, Va. : National Council of Teachers of Mathematics.
- Stiggins, R. J. (1997). *Student-centered classroom assessment*. 2nd ed.. Upper Saddle River, N.J. : Merrill.
- Syafitri, R., Putra, Z. H., and Noviana, E. (2020). Fifth grade students' logical thinking in mathematics. *Journal of Teaching and Learning in Elementary Education*, 3(2), 157-167.
- Vale, I., and Barbosa, A. (2023). Active learning strategies for an effective mathematics teaching and learning. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 573–588. doi:10.30935/scimath/13135
- Vo, D. V., and Csapó, B. (2022). Measuring inductive reasoning in school contexts: A review of instruments and predictors. *International Journal of Innovation and Learning*, 31(4), 506–525. doi:10.1504/ijil.2022.123179
- Warren, E., and Cooper, T. (2005). Introducing functional thinking in Year 2: A case study of early algebra teaching. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 6(2), 150–162. doi:10.2304/ciec.2005.6.2.5
- Yuliani, K., and Saragih, S. (2015). The development of learning devices based on guided discovery model to improve conceptual understanding and critical thinking in mathematics of Islamic junior high school students in Medan. *Journal of Education and Practice*, 6 (2 4) , 1 1 6 –1 2 8 . Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1078880.pdf>.

- กมลทิพย์ เกตุศรี, ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี, และรุ่งทิพา แยมรุ่ง. (2565). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร โดยการสอนแนะให้รู้คิดร่วมกับการนีกภาพกับการสอนแบบปกติ. *วารสารมหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 9(8), 92–107. สืบค้นจาก <https://so03.tci-thaijo.org/index.php/JMND/article/view/263272>
- กมล โพธิเย็น. (2564). Active learning: การจัดการเรียนรู้ที่ตอบโจทย์การจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 19(1), 11–28. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/suedujournal/article/download/245317/168931/936549>.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. สำนักคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานกระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- กฤษมันต์ วัฒนารงค์. (2557). *นวัตกรรมและเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผลิตตำราเรียน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กุลิศชา จิตรขญาวนิช และเกศราพรรณ พันธุ์ศรีเกตุ คงเจริญ. (2563). *วิธีจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกรียงศักดิ์ วิสุทธีเมธีกร, นิราศ จันทระจิตร และสุมาลี ชูกำแพง. (2560). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการให้เหตุผลและการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. *Journal of Educational Measurement Mahasarakham University*, 23(2), 33-44.
- ขวัญ เพี้ยซ้าย. (2553). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสัดส่วนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. เอกสารอัดสำเนา,
- คทาไชย ทักษิธา. (2560a). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เรื่อง การประยุกต์ตรีโกณมิติ ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสังคมศาสตร์วิจัยและวิชาการ*, 12(36), 97–112.

- จินดิษฐ์ ละออบปักษิน. (2550). การพัฒนาหลักสูตรวิชาคณิตวิชุดสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- จิตติมา ขอบเอียด. (2551). การใช้ปัญหาปลายเปิดเพื่อส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)). บัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- จิตติมา ขอบเอียด. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลเชิงสถิติผ่านการแก้ปัญหาของนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- จิระประภา คำภาเกะ. (2564). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอกโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดร่วมกับเกมคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ ว.ม. (คณิตศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- ฉวีวรรณ เศวตมัลย์. (2545). การพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- ชยพัทธ์ ศรีกรด. (2558a). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิดวิชาชีววิทยาเรื่องระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7-20.
- ชานนท์ จันทรา. (2554). การประเมินความสามารถทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน. ใน ประมวลชุดวิชาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน่วยที่ 8-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ชิดกมล ทองอ่อน และดวงหทัย กาศวิบูลย์. (2564). การศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ที่ใช้การเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย, 13(1), 24-41.

- ชุตติกาญจน์ เปียงใจ. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์เพื่อส่งเสริมทักษะการทำงานกลุ่มในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. สืบค้นจาก https://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2562/emath10762cpan_full.pdf
- ณัฐกร ดวงพระเกษ, ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ และลัดดาวัลย์ เกษมเนตร. (2560). รูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกโดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริมสมรรถนะนักศึกษาศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย. วารสารวิชาการศึกษาศาสตร์ ศรีนครินทรวิโรฒ, 18(2), 209–224.
- ณัฐญา นาคะสันต์ และชวณัฐ นาคะสันต์. (2559). เกม: นวัตกรรมเพื่อการศึกษาเชิงสร้างสรรค์. ROMPHRUEK JOURNAL, 34(3), 159–182.
- ณัฐพงษ์ กอสวัสดิ์พัฒน์. (2559). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ตามการสืบสอบแบบแนะแนวทางร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ตติมา ทิพย์จินดาชัยกุล. (2557). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิด (Open Approach) ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์เรื่องทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการมัธยมศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทรรศมน วินัยโกศล และไพโรจน์ น่วมนุ้ม. (2562). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามโมเดลของสไตน์ที่มีต่อความรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3. An Online Journal of Education, 14(1), OJED1401001 (1401016 pages)-OJED1401001 (1401016 pages).
- ทิตนา แหมมณี. (2556). รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย. พิมพ์ครั้งที่ 8, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แหมมณี. (2558). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 19, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธิติมา อุดมพรมนตรี. (2555). การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดลพบุรี สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 5. (ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- นพพร ณะชัยพันธ์. (2557). สถิติเบื้องต้นสำหรับการวิจัย: ฉบับเสริมการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Excel. พิมพ์ครั้งที่ 4 [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. กรุงเทพมหานคร: วิทย์พัฒนา.
- นวลศรี ชำนาญกิจ และสมพร กองบุญมา. (2558). ผลการสอนแบบค้นพบร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *Journal of Graduate Studies in Northern Rajabhat Universities*, 5(8), 73–84.
- พงศ์พันธ์ ปิจดี. (2554). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนน่าน้อย จังหวัดน่าน (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ พว.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2561). การเรียนรู้เชิงรุกแบบรวมพลังกับ PLC เพื่อการพัฒนา. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ภคพล สำราญ. (2564). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยประกอบสื่อประสมที่ส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการเรียนการสอน). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ภควดี สุดสงวน. (2563b). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์และสถิติในชีวิตประจำวันเรื่องความน่าจะเป็นเบื้องต้นโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิคจิ๊กซอว์. *Journal of Faculty of Education Pibulsongkram Rajabhat University*, 7 (1), 145-156. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/edupsru/article/view/239944>.

- ภานิชา ศรีรัตน์. (2562). ผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลและความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Journal of Humanities and Social Sciences Nakhon Phanom University*, 9(3), 97-104.
- มนตรี แยมกสิกร. (2551). เกณฑ์ประสิทธิภาพในการวิจัยและพัฒนาสื่อการสอน: ความแตกต่าง 90/90 Standard และ E1/E2. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 19(1), 1-16.
- มนตรี เจริญไพโรจน์. (2557). *Compact คณิตศาสตร์ ม.4*. ฉบับที่ 420 กรุงเทพฯ: แม็คเอดดูเคชั่น.
- มัทนา ศรีสุจันทร์. (2560). กิจกรรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (คณิตศาสตร์)). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- มานิตย์ อาษานอก. (2561). การพัฒนาและหาประสิทธิภาพประสิทธิผลนวัตกรรมสำหรับการเรียนรู้ด้วยตนเอง. *วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (JETC)*, 1(2), 9-18.
- เมฆลิน อมรัตน์. (2563). *ประโยชน์ของคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ตอนที่ 2 การให้เหตุผล*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/article-mathematics/item/11465-2-11465>.
- รุ่งฟ้า จันท์จารุภรณ์. (2554). กิจกรรมส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ในประมวลสาระชุดวิชาการจัดการประสบการณ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หน่วยที่ 9. นนทบุรี: บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.
- รุจิรัตน์ พรหมรักษ์. (2553a). การศึกษาปัจจัยบางประการที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครปฐมเขต 1. (ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- วัชรรา เล่าเรียนดี. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. พิมพ์ครั้งที่ 12. นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล. (2558). *การโค้ชเพื่อการรู้คิด (Cognitive Coaching)*. พิมพ์ครั้งที่ 5 (ฉบับปรับปรุง): กรุงเทพฯ : จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล. (2561). *ขอบฟ้าใหม่แห่งการเรียนรู้สู่การสร้างสรรค์อนาคต*. พิมพ์ครั้งที่ 1: กรุงเทพฯ : จรัสสินทวงศ์การพิมพ์.

- วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผลความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *Journal of Education Studies*, 42(2), 207-223.
- วิชุดา ประแดง, ต๋องตา สมใจเพ็ง และอักษรคิด. (2563). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Active Learning ร่วมกับการเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องเส้นขนานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์*, 10(3), 60-71.
- วิภาพรณ พินลา และวิภาดา พินลา. (2563). การเรียนรู้เชิงรุกของครูสังคมศึกษาในยุคไทยแลนด์ 4.0. *Journal of Education Thaksin University*, 20(1), 1-12.
- วิไลภรณ์ ปิยะวงค์. (2562). *การออกแบบเกมการเรียนรู้ที่ปรับเปลี่ยนตามความสนใจของผู้เรียนเพื่อเสริมสร้างความเชื่อมั่นในเป้าหมายการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีรยุทธ วิเชียรโชติ. (2521). *จิตวิทยาการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน*. กรุงเทพฯ: อานวยพานิชย์.
- วุฒิพงษ์ พันจันทร์, มะลิวัลย์ ภัทรชาลีกุล และนิภาพร ชูติมันต์. (2564). การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์แบบอุปนัยที่ ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ความสัมพันธ์และฟังก์ชันชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *Rajabhat Maha Sarakham University Journal*, 15(3), 23-34.
- ศิริมา วงษ์สกุลดี, พรรณ ทิพาพรหมรักษ์ และเวชฤทธิ์ อังกะนะภัทรขจร. (2558). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts)*, 8(2), 1265-1281.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของปีการศึกษา 2562*. สืบค้นจาก <http://www.newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/School/ReportSchoolBySchool.aspx?mi=2>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: บริษัท เอส.พี.เอ็น. การพิมพ์จำกัด.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานเล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ก). *ครูคณิตศาสตร์มืออาชีพ เส้นทางสู่สำเร็จ*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555ข). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3, แก้ไขเพิ่มเติม. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). Active Learning: การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท.*, 42(188), 4.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ระดับประถมศึกษา*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8378-2560-2551>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2563). *คู่มือครูรายวิชาพื้นฐานคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 2*. สืบค้นจาก <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/11713-6-2-11713>
- สาขาคณิตศาสตร์ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2547). *การให้เหตุผลในวิชาคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: บริษัท เอส.พี.เอ็น. การพิมพ์ จำกัด
- สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2545). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. สืบค้นจาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=688>.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2562). *แนวทางการนิเทศเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ตามนโยบายลดเวลาเรียนเพิ่มเวลารู้*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2563). *การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก*. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: กลุ่มมาตรฐานการศึกษา สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนารการเรียนรู้ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา.
- สุคนธ์ สินธพานนท์. (2545). *การจัดกระบวนการเรียนรู้ : เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

- สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2553). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน*. พิมพ์ครั้งที่ 4, ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุเทพ อ่วมเจริญ. (2559). *หลักสูตรและการสอน : ออกแบบ พัฒนา นวัตกรรมและเทคโนโลยี*. นครปฐม: สาขาวิชาหลักสูตรและการนิเทศ ภาควิชาหลักสูตรและวิธีสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2546). *ชุดกิจกรรมสำหรับครูเพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้ กลุ่มคณิตศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). Active Learning: การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*, 42(188), 3-6.
- สุภัทรา ภูษิตรัตนาวลี. (2560a). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกสำหรับคณาจารย์ วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้*. (ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. (การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์)). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.
- สุรางค์ ไคว่ตระกูล. (2559). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 12, (ฉบับปรับปรุงแก้ไข). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545ก). 19 *วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545ข). 20 *วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนาคุณธรรมจริยธรรมค่านิยม และการเรียนรู้โดยการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง*. กรุงเทพฯ: ดวงกมล ผู้จัดจำหน่าย.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545ค). 21 *วิธีการจัดการเรียนรู้: เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ดวงกมล ผู้จัดจำหน่าย.
- หน่วยวิจัยแพทยศาสตรศึกษา. (2559). *Active Learning: แนวคิด หลักการ และตัวอย่างกิจกรรม เพื่อการเรียนรู้เชิงรุก*. สงขลา: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อภิญญา กาลมงคล และหล้า ภวภูตานนท์. (2554). *การพัฒนาการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ คณิตศาสตร์เรื่อง รูปเรขาคณิตสามมิติและปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากโดยใช้รูปแบบ การสอนตามแนวคิดของ van Hiele สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5*. *Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)*, 5(2), 174-180.

อ้อมฤดี แซ่มอุบล. (2553a). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสวนสอบสวนที่เน้นการใช้คำถามหมวก
 ความคิดหกใบ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น
 มัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน).
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อิสริยะ อรัญมิตร. (2560). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับการให้เหตุผลทาง
 คณิตศาสตร์ เรื่องตรรกศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. (คณิต
 ศาสตร์ศึกษา)). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การหาคุณภาพเครื่องมือและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



การหาคุณภาพเครื่องมือ

1. เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คือ แผนจัดการเรียนรู้จำนวน 15 แผน โดยเป็นกิจกรรมกลุ่มทั้ง 15 แผน แผนละ 50 นาที เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ในสาระการวัดและเรขาคณิต เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ ของนักเรียนไม่เกินระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผู้วิจัยจะทำการคัดเลือกเนื้อหาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความรู้พื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

1.1 นำคะแนนประเมินจากแบบประเมินแผนจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินแล้ว โดยมีระดับการประเมิน 5 ระดับ ได้แก่

ระดับ 5 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดี

ระดับ 3 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับค่อนข้างน้อย

ระดับ 1 หมายถึง แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับควรปรับปรุง

1.2 ประเมินคุณภาพของแผนจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาจากการหาค่าเฉลี่ยแล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ค่าเฉลี่ย ได้แก่

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 แปลว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 แปลว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 แปลว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 แปลว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับค่อนข้างน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 แปลว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีระดับคุณภาพระดับควรปรับปรุง

สามารถแสดงผลการประเมินคุณภาพ ดังตาราง 29

ตาราง 29 สรุปผลแบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-15

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เรื่อง	ค่าเฉลี่ย ระดับคุณภาพ	แปลผล
1 (5E)	ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ	4.74	ดีมาก
2 (JIGSAW)	ข้อความคาดการณ์ของปริซึมและพีระมิด (จำนวนสันหรือเส้นขอบของปริซึมและพีระมิด)	4.86	ดีมาก
3 (GDL)	ข้อความคาดการณ์ของกรวยและทรงกระบอก (ความยาวเส้นรอบฐานของกรวยและทรงกระบอก)	4.86	ดีมาก
4 (JIGSAW)	พื้นที่ผิวของปริซึม	4.91	ดีมาก
5 (5E)	ปริมาตรของปริซึม	4.79	ดีมาก
6 (GDL)	พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า	4.62	ดีมาก
7 (JIGSAW)	ปริมาตรของพีระมิด	4.67	ดีมาก
8 (GDL)	พื้นที่ผิวของทรงกระบอก	4.76	ดีมาก
9 (5E)	ปริมาตรของทรงกระบอก	4.62	ดีมาก
10 (GDL)	พื้นที่ผิวของกรวย	4.62	ดีมาก
11 (GBL)	ปริมาตรของกรวย	4.84	ดีมาก
12 (5E)	พื้นที่ผิวของทรงกลม	4.91	ดีมาก
13 (5E)	ปริมาตรของทรงกลม	4.88	ดีมาก
14 (GBL)	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (ปริมาตรของครึ่งทรงกลม)	4.88	ดีมาก
15 (GBL)	ปัญหาของรูปเรขาคณิตสามมิติ (พื้นที่ผิวของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่ได้จากการนำลูกบาศก์ที่มีขนาดเท่ากันมาต่อกัน)	4.93	ดีมาก

2. เครื่องมือสำหรับการวัดประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ของนักเรียนที่เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เครื่องมือสำหรับการวัดประเมินผลความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยที่เรียนผ่าน กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิต สามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียน 3 ฉบับ ฉบับละ 2 ข้อและแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างเรียน 1 ฉบับ จำนวน 3 ข้อ ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของ เครื่องมือดังนี้

2.1 วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาที่ใช้และความชัดเจน ของข้อความ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-objective congruency, IOC) ของ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย ซึ่งมี

คะแนน +1 สำหรับแบบทดสอบที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

คะแนน 0 สำหรับแบบทดสอบที่ผู้เชี่ยวชาญไม่แน่ใจว่ามีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

คะแนน -1 สำหรับแบบทดสอบที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าไม่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

2.2 นำคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านประเมินมาทำการคำนวณหาค่า IOC ของแต่ละแบบทดสอบ แล้วเลือกแบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการคำนวณ

ค่า IOC (ชานนท์ จันทรา, 2554, น.14-56 - 14-57) คือ $IOC = \frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

สามารถแสดงผล ดังตาราง 30

ตาราง 30 ดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

แบบทดสอบความสามารถในการ ให้เหตุผลแบบอุปนัย	ผลคะแนนเฉลี่ยจากการ พิจารณาคำถามแต่ละข้อใน แบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ			ผลคะแนน เฉลี่ย IOC ทั้งฉบับ	แปลผล
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3		
ระหว่างเรียน ครั้งที่ 1	1	0.67		0.84	ใช้ได้
ระหว่างเรียน ครั้งที่ 2	1	1		1	ใช้ได้
ระหว่างเรียน ครั้งที่ 3	1	1		1	ใช้ได้
หลังเรียน	1	1	1	1	ใช้ได้

3. เครื่องมือสำหรับการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

เครื่องมือสำหรับการศึกษาพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คือ แบบสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน เพื่อสอบถามนักเรียนเป้าหมาย ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

3.1 วิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลจากการให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พิจารณาร่างแบบสัมภาษณ์ในด้านความเหมาะสมของการใช้ภาษา โดยนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาทำการปรับปรุงและพัฒนาแบบสัมภาษณ์ดังกล่าวให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น จนได้ข้อคำถามในการสัมภาษณ์ที่มีความสมบูรณ์มากขึ้น โดยมีข้อคำถามที่ปรับปรุงแล้ว ดังตาราง 31

ตาราง 31 คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน

คำถามในการสัมภาษณ์	คำตอบของนักเรียน
ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์	
1) นักเรียนนำความรู้พื้นฐานเรื่องใดบ้างมาใช้ประกอบการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลในกิจกรรมนี้	
2) นักเรียนใช้วิธีการใดบ้างเพื่อเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูลในกิจกรรมนี้	
3) นักเรียนคิดว่าข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมมีลักษณะอย่างไรจึงทำให้ค้นพบความสัมพันธ์ของข้อมูลในกิจกรรมนี้	
4) นักเรียนคิดว่าข้อมูลใดทำให้ระบุนความเกี่ยวข้องของข้อมูลในกิจกรรมนี้	
5) นักเรียนจะอธิบายและนำเสนอความเกี่ยวข้องของข้อมูลในกิจกรรมนี้อย่างไร	
ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์	
1) ข้อความคาดการณ์ของนักเรียนในกิจกรรมนี้คืออะไร ข้อความนั้น เหมือนหรือต่างจากเพื่อนในกลุ่มอย่างไร?	
2) นักเรียนใช้วิธีใดในการเขียนหรือพูดข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้	
3) นักเรียนกับเพื่อนในกลุ่มช่วยกันเขียนข้อความคาดการณ์ในกิจกรรมนี้อย่างไร	
4) นักเรียนรู้ได้อย่างไรว่าข้อความคาดการณ์ที่เขียนนั้นถูกต้อง	
5) นักเรียนได้เรียนรู้อะไรจากการเขียนหรือพูดข้อความคาดการณ์ในการทำกิจกรรมนี้	

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ

1. ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับกลุ่มนักร้อง เพื่อหาประสิทธิภาพรายบุคคล กลุ่มย่อย และภาคสนาม โดยนำคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนทั้ง 3 ฉบับและแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยหลังเรียน มาทำการคำนวณหาประสิทธิภาพ E1/E2 ซึ่ง E1 หมายถึงประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยผู้วิจัย ดำเนินการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1) การหาประสิทธิภาพรายบุคคล ดำเนินการกับนักเรียน 3 คน โดยใช้สื่อการเรียนรู้และคำถามในใบกิจกรรมกระตุ้นความสนใจ แล้วให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรม พร้อมทั้งสังเกตและสัมภาษณ์เพื่อประเมินความเป็นปรนัยของข้อคำถามและประสิทธิภาพของกิจกรรม จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณค่า E1/E2 และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด หากไม่ผ่านเกณฑ์ จะปรับปรุงก่อนเข้าสู่การทดลองถัดไป

2) การหาประสิทธิภาพเป็นกลุ่มย่อย ดำเนินกับนักเรียน 8 คน โดยใช้แนวทางเดียวกับการประเมินรายบุคคล ทั้งด้านการกระตุ้นความสนใจ การลงมือปฏิบัติกิจกรรม การสังเกตและสัมภาษณ์ เพื่อประเมินความเป็นปรนัยของข้อคำถามและประสิทธิภาพของกิจกรรม แล้วนำผลมาคำนวณ E1/E2 เปรียบเทียบกับเกณฑ์ หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยจะปรับปรุงกิจกรรมก่อนการทดลองขั้นถัดไป

3) การหาประสิทธิภาพภาคสนาม ดำเนินกับนักเรียน 11 คน โดยใช้สื่อการเรียนรู้และคำถามในใบกิจกรรมเป็นเครื่องมือกระตุ้นความสนใจและนำไปสู่การปฏิบัติกิจกรรม พร้อมทั้งตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม ประสิทธิภาพของกิจกรรม และคุณภาพของเครื่องมือวิจัยอื่น ๆ จากนั้นนำข้อมูลมาหาค่า E1/E2 แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ เพื่อพิจารณาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง คือ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น.10-11)

สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100\%$$

เมื่อ

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน
ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียนหรือนอกห้องเรียน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{B} \times 100\%$$

เมื่อ

 E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ $\sum X$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด B แทน คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วย

ตาราง 32 ผลการหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกที่เสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย เรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ

การหาประสิทธิภาพ	จำนวนนักเรียน (คน)	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1)		ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)		E1/E2
		คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	
รายบุคคล	3	54	44.07	27	22.63	81.61/83.81
กลุ่มย่อย	8	54	42.95	27	22.08	79.54/81.78
ภาคสนาม	11	54	43.33	27	22.72	80.24/84.15

2. ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียนเป็นรายข้อ โดยนำแบบทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกจากกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและการทดลองภาคสนามมาคำนวณหาค่าความยาก (Difficulty Index: P) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Index: D) ของแต่ละข้อ

เกณฑ์สำหรับการตีความค่าความยาก แบ่งตามช่วงค่าดังนี้

0.00 – 0.19 หมายถึง ข้อสอบมีระดับความยากสูง

0.20 – 0.39 หมายถึง ข้อสอบค่อนข้างยาก

0.40 – 0.60 หมายถึง ข้อสอบมีความยากในระดับปานกลาง

0.61 – 0.80 หมายถึง ข้อสอบค่อนข้างง่าย

0.81 – 1.00 หมายถึง ข้อสอบง่าย

สำหรับเกณฑ์การแปลผลค่าอำนาจจำแนก จะพิจารณาว่าข้อสอบสามารถแยกแยะนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้มากน้อยเพียงใด ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์นี้สามารถอธิบายได้ในลำดับถัดไปของการรายงานผลการวิเคราะห์

มากกว่า 0.40	หมายถึง จำแนกได้ดีมาก
0.30 – 0.39	หมายถึง จำแนกได้ดี
0.20 – 0.29	หมายถึง จำแนกได้พอใช้
0.04 – 0.19	หมายถึง จำแนกได้ต่ำ
น้อยกว่า 0.04	หมายถึง จำแนกไม่ได้

จากนั้นผู้วิจัยทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากตั้งแต่ 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 6 ข้อ และจำนวน 3 ข้อ ซึ่งใช้สูตรในการคำนวณ (ชานนท์ จันทรา, 2554, น.14-56-14-57)

สูตรการหาค่าความยาก

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

เมื่อ p คือ ค่าความยาก

S_u คือ ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูง

S_l คือ ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

X_{max} คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนก

$$r = \frac{S_u - S_l}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ r คือ ค่าความยาก

S_u คือ ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มสูง

S_l คือ ผลรวมของคะแนนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

X_{max} คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} คือ คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

ตาราง 33 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัด ความสามารถ	p	แปลผล	r	แปลผล
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ข้อ 1	0.48	ข้อสอบยากปานกลาง	0.36	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ข้อ 2	0.51	ข้อสอบยากปานกลาง	0.41	จำแนกได้ดีมาก
ระหว่างเรียนครั้งที่ 1 ข้อ 3	0.60	ข้อสอบยากปานกลาง	0.34	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ข้อ 1	0.62	ข้อสอบค่อนข้างง่าย	0.38	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ข้อ 2	0.70	ข้อสอบค่อนข้างง่าย	0.33	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 2 ข้อ 3	0.59	ข้อสอบยากปานกลาง	0.44	จำแนกได้ดีมาก
ระหว่างเรียนครั้งที่ 3 ข้อ 1	0.47	ข้อสอบยากปานกลาง	0.35	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 3 ข้อ 2	0.44	ข้อสอบยากปานกลาง	0.39	จำแนกได้ดี
ระหว่างเรียนครั้งที่ 3 ข้อ 3	0.44	ข้อสอบยากปานกลาง	0.38	จำแนกได้ดี
หลังเรียน ข้อ 1	0.44	ข้อสอบยากปานกลาง	0.36	จำแนกได้ดี
หลังเรียน ข้อ 2	0.54	ข้อสอบยากปานกลาง	0.49	จำแนกได้ดีมาก
หลังเรียน ข้อ 3	0.65	ข้อสอบยากปานกลาง	0.38	จำแนกได้ดี
หลังเรียนข้อ 4	0.48	ข้อสอบยากปานกลาง	0.43	จำแนกได้ดีมาก

3. ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย โดยใช้เกณฑ์ในการแปลผล ดังนี้

0.01 - 0.40 หมายถึง แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นในระดับต่ำ

0.41 - 0.70 หมายถึง แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นในระดับปานกลาง

0.71 - 0.90 หมายถึง แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นในระดับสูง

0.91 - 1.00 หมายถึง แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นในระดับสูงมาก

ซึ่งใช้สูตรในการคำนวณ (ชานนท์ จันทรา, 2554, น.14-57) คือ

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

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ค่าความเชื่อมั่น

k คือ จำนวนข้อในแบบทดสอบ

S_i^2 คือ ความแปรปรวนของข้อมูลในแต่ละข้อ

S^2 คือ ความแปรปรวนของข้อมูลทั้งหมด

โดยค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย มีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.82 นั้นหมายถึง แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับสูง





ภาคผนวก ข

ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย และการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ
2. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบทวินาม (Binomial Test)

ผลการทดสอบของนักเรียนเป้าหมาย ดังตาราง 34

ตาราง 34 คะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยระหว่างครั้งที่ 1-3 และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 24 คน

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน ครั้งที่ 18 คะแนน คิดร้อยละ 20 หลังเรียน 27 คะแนน คิดร้อยละ 40								ร้อยละที่ได้
	ครั้งที่ 1	ร้อยละ	ครั้งที่ 2	ร้อยละ	ครั้งที่ 3	ร้อยละ	ครั้งที่ 4	ร้อยละ	
1	14.5	16.1	17.5	19.4	15.2	16.9	25.0	37.0	89.5
2	13.7	15.2	16.0	17.8	15.3	17.0	21.0	31.1	81.1
3	13.0	14.4	15.0	16.7	13.3	14.8	21.9	32.4	78.3
4	8.6	9.6	14.5	16.1	12.7	14.1	20.6	30.5	70.3
5	14.1	15.7	15.5	17.2	15.5	17.2	18.4	27.3	77.4
6	10.9	12.1	11.5	12.8	14.0	15.6	23.4	34.7	75.1
7	11.6	12.9	13.3	14.8	9.8	10.9	16.0	23.7	62.3
8	8.5	9.4	13.0	14.4	5.3	5.9	16.6	24.6	54.4
9	14.5	16.1	18.0	20.0	15.0	16.7	25.8	38.2	91.0
10	15.2	16.9	16.5	18.3	16.7	18.6	22.7	33.6	87.4
11	15.5	17.2	13.5	15.0	14.3	15.9	22.5	33.3	81.4
12	11.0	12.2	12.3	13.7	14.5	16.1	19.6	29.0	71.0
13	15.5	17.2	16.5	18.3	16.2	18.0	26.5	39.3	92.8
14	12.8	14.2	15.5	17.2	13.2	14.7	22.9	33.9	80.0
15	11.0	12.2	14.0	15.6	11.8	13.1	17.4	25.8	66.7
16	6.0	6.7	11.8	13.1	11.0	12.2	11.5	17.0	49.0
17	9.5	10.6	17.5	19.4	14.7	16.3	25.6	37.9	84.3

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน ครั้งละ 18 คะแนน คิดร้อยละ 20 หลังเรียน 27 คะแนน คิดร้อยละ 40								ร้อยละที่ได้
18	10.4	11.6	14.0	15.6	14.5	16.1	23.5	34.8	78.0
19	13.2	14.7	15.0	16.7	15.5	17.2	22.3	33.0	81.6
20	12.9	14.3	15.5	17.2	14.3	15.9	22.2	32.9	80.3
21	13.8	15.3	14.0	15.6	15.5	17.2	22.8	33.8	81.9
22	13.1	14.6	13.0	14.4	11.8	13.1	19.8	29.3	71.4
23	13.6	15.1	14.0	15.6	11.5	12.8	19.5	28.9	72.3
24	9.1	10.1	9.5	15.6	11.5	12.8	19.5	28.9	72.3





ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6		
รายวิชา	ค16201 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
หน่วยการเรียนรู้	พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ	
หัวข้อเรื่อง	พื้นที่ผิวของพีระมิด	
ปีการศึกษา	2566 ภาคเรียนที่ 1	เวลา 50 นาที

สำหรับในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบการค้นพบด้วยการแนะแนวทาง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ : เพื่อให้นักเรียน

1.1.1 หาพื้นที่ผิวของพีระมิดได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : เพื่อให้นักเรียน

1.2.1 เขียนข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” กับ “ความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” “ความสูงเอียงของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” และ “พื้นที่ฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า” โดยใช้กระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : เพื่อให้นักเรียน

1.3.1 มีส่วนร่วมในการตอบคำถามในชั้นเรียน

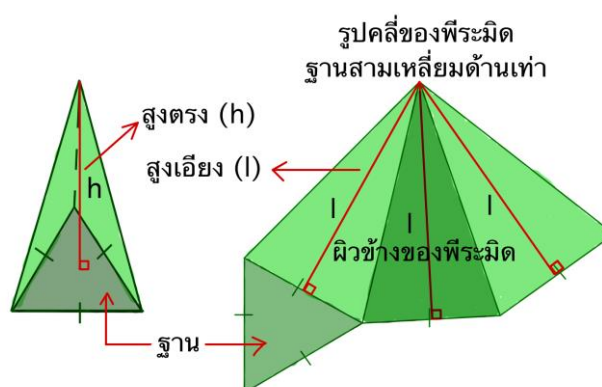
1.3.2 มีความตรงต่อเวลาในการส่งงาน

1.3.3 มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย

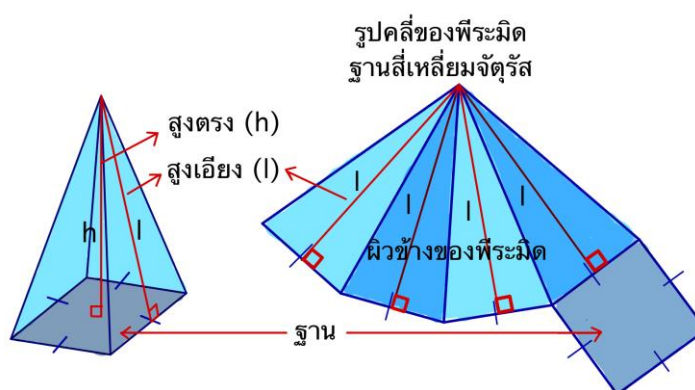
2. สารการเรียนรู้

2.1 รูปคลี่ของพีระมิดฐานด้านเท่ามุมเท่า

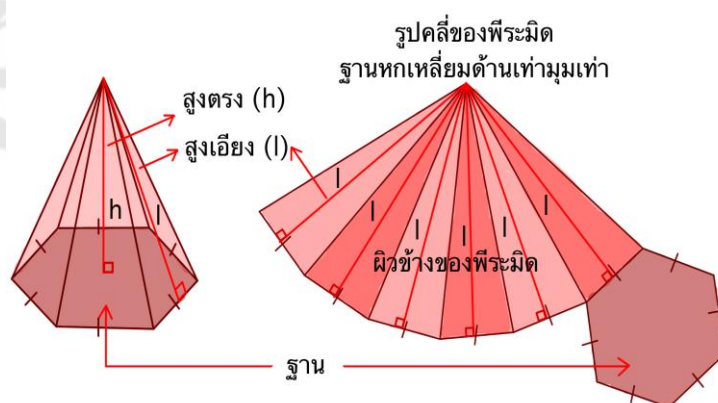
พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า



พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า เท่ากับ
พื้นที่ฐานของพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า + (ความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานสามเหลี่ยม
ด้านเท่า × ความสูงเอียงของพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า)
พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส



พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่ากับ
พื้นที่ฐานของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส + (ความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ×
ความสูงเอียงของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส)
พีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า



พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า เท่ากับ
พื้นที่ฐานของพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า + (ความยาวรอบฐานของพีระมิดฐานหก
เหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า x ความสูงเอียงของพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)

ดังนั้น พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า เท่ากับ
พื้นที่ฐานของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า + (ความยาวรอบฐาน
ของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า x ความสูงเอียงของพีระมิดฐาน
หลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า)

3. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

- 3.1 Power Point ภาพสิ่งของต่าง ๆ เป็นพีระมิด
- 3.2 บัตรภาพรูปเรขาคณิตสองมิติที่ใช้สร้างพีระมิด
- 3.3 สิ่งของที่เป็นพีระมิด ได้แก่ กล้องพีระมิดใส่ขนมแบบต่าง ๆ โมเดลพีระมิด เป็นต้น
- 3.4 แบบจำลองพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ได้แก่ พีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า
 พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า
- 3.5 ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “Pyramid roof design problems (ปัญหาการออกแบบหลังคา
 ทรงพีระมิด)”
- 3.6 ใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดฐานหลายเหลี่ยมด้านเท่า
 มุมเท่า”

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นนำ (ขั้นเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหา)

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 10 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ปัญหา

4.1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียน ครูกระตุ้นดึงดูดความสนใจของนักเรียนโดยการพูดคุยเกี่ยวกับ
 สิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวในชีวิตประจำวันที่เป็นพีระมิดพร้อมกับนำของจริงมาให้นักเรียนดู
 ประกอบ และเปิดภาพสิ่งของต่าง ๆ เป็นพีระมิดด้วย Smart TV เช่น พีระมิดของประเทศอียิปต์
 หลังคาศาลาที่นั่งเล่นที่เป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพีระมิดฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า
 กล้องของขั้วของพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส รวมไปถึงอาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพีระมิด เช่น
 ขนมเทียนหรือขนมมนมสาวที่มีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม และปะจ่างที่มีลักษณะเป็นพีระมิด
 ฐานสามเหลี่ยม เป็นต้น

4.1.2 ครูให้นักเรียนสังเกตและสัมผัสของจริงที่เป็นพระมิตที่ครูจัดเตรียมไว้ให้จากข้อ 4.1.1 พร้อมให้ตัวแทนนักเรียนจำนวน 3 คนออกมาคลี่แบบจำลองหรือสิ่งของที่เป็นพระมิตฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพระมิตฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าตามลำดับ เพื่อให้นักเรียนทั้งห้องร่วมกันพิจารณาส่วนประกอบที่เป็นรูปเรขาคณิตสองมิติที่ได้ โดยครูใช้คำถามให้นักเรียนได้คิดและวิเคราะห์ปัญหา และให้คำแนะนำเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) นักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งของที่มีลักษณะเป็นพระมิตในชีวิตประจำวันได้หรือไม่โดยยกตัวอย่างสิ่งของที่ไม่ซ้ำกับที่ครูได้ยกตัวอย่างไปแล้ว

(นักเรียนควรตอบว่า รูปมิตพระมิตฐานสามเหลี่ยม นาฬิกาปลุกพระมิตฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น)

(2) จากการคลี่พระมิตฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า พระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และพระมิตฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าออกมาเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติ นักเรียนเคยสังเกตหลังคาศาลาที่นั่งพักในสวนอาหาร และสวนสนุก (ครูเปิดภาพประกอบ) ที่มีหลังคาที่ดูแปลกตาไปจากปกติทั่วไปซึ่งเป็นหลังคาพระมิตบ้างหรือไม่ สมมติว่าที่บ้านของนักเรียนต้องการสร้างศาลานั่งเล่นในสวน และต้องการออกแบบหลังคาพระมิตเอง โดยสามารถเลือกแบบใดแบบหนึ่งจากสามแบบต่อไปนี้ แบบที่ 1 หลังคาพระมิตฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า แบบที่ 2 หลังคาพระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส และแบบที่ 3 หลังคาพระมิตฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า นักเรียนจะต้องใช้รูปเรขาคณิตสองมิติชนิดใดบ้าง (ครูจำลองสถานการณ์ปัญหา) และอย่างละกี่รูป

(นักเรียนควรตอบว่า ถ้าเลือก แบบที่ 1 เป็นหลังคาพระมิตฐานสามเหลี่ยมด้านเท่า ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติ ได้แก่ ฐานของพระมิตเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าจำนวน 1 รูป และผิวข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 3 รูป ถ้าเลือก แบบที่ 2 เป็นหลังคาพระมิตฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัส ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติ ได้แก่ ฐานของพระมิตเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 1 รูป และผิวข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 4 รูป และถ้าเลือก แบบที่ 3 เป็นหลังคาพระมิตฐานหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติ ได้แก่ ฐานของพระมิตเป็นรูปหกเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าจำนวน 1 รูป และผิวข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 6 รูป)

4.2 ขั้นสอน (ขั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์ และขั้นนำข้อความคาดการณ์ไปใช้)

ขั้นนี้ใช้เวลาประมาณ 35 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ชั้นเรียนรู้สังเกตหาวิธีแก้ปัญหา

4.2.1 ครูพูดคุยกับนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบหลังคาศาลาที่นั่งเล่นในส่วนที่มีลักษณะเป็นพีระมิดฐานรูปเหลี่ยมต่าง ๆ โดยครูใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตหาวิธีแก้ปัญหา ซึ่งประเด็นคำถามมีดังนี้

(1) หากนักเรียนได้รับมอบหมายให้ช่วยอธิบายการติดแผ่นกระเบื้องบนหลังคาและแผ่นผ้าติดส่วนฐานของพีระมิด นักเรียนจะต้องอธิบายการติดแผ่นกระเบื้องตรงส่วนใดบ้างของหลังคาพีระมิดและติดเป็นรูปเรขาคณิตชนิดใดบ้าง

(นักเรียนควรตอบว่า ติดแผ่นกระเบื้องหน้าข้างของหลังคาพีระมิดเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยติดตามจำนวนหน้าข้างของพีระมิดชนิดนั้น และติดแผ่นผ้าตรงส่วนฐานของพีระมิดเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติตามชนิดของฐานของพีระมิดนั้น เช่น หลังคาพีระมิดฐานสามเหลี่ยมจะติดแผ่นผ้าตรงส่วนฐานเป็นรูปสามเหลี่ยม เป็นต้น)

(2) หากนักเรียนได้รับมอบหมายให้ช่วยคำนวณหาจำนวนกระเบื้องที่ใช้มุงหลังคาและแผ่นผ้าที่จะใช้ติดส่วนฐานของหลังคาพีระมิดนักเรียนจะต้องทราบข้อมูลใดบ้าง

(นักเรียนควรตอบว่า พื้นที่ผิวทั้งหมดของพีระมิดเพื่อซื้อกระเบื้องมุงหลังคาและติดผ้าฐานของพีระมิดให้เพียงพอ)

จากนั้นครูเตรียมใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “Design Problems of Cone and Cylinder for Placing Candy? (ปัญหาการออกแบบพีระมิดเพื่อใส่ขนม?)” ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มละ 4 คน โดยลดความสามารถประกอด้วยนักเรียนเรียนเก่ง 1 คน นักเรียนเรียนปานกลาง 2 คน และนักเรียนเรียนอ่อน 1 คน (ในที่นี้มีนักเรียนห้องละ 36 คน จะแบ่งกลุ่มได้เป็น 9 กลุ่ม)

4.2.3 ครูแจกใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 1 ให้กับนักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนคิดวิธีแก้ปัญหาตามเงื่อนไขในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนด (เพื่อให้นักเรียนได้ความรู้ตามเป้าหมายตามที่ครูกำหนด) โดยครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหา 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1.1 ให้นักเรียนลองจับคู่ว่าวงกลมใดที่สามารถประกอกับรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งได้พอดี และส่วนที่ 1.2 ให้นักเรียนลองจับคู่โดยพิจารณาว่าวงกลมใดที่สามารถประกอกับรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานได้พอดี โดยให้นักเรียนคาดเดาคำตอบก่อน (ส่วนที่ 1.1 ข้อ 1) แล้วครูจึงแจกแบบจำลองกรวยกระดาษและทรงกระบอกกระดาษให้กับนักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด เพื่อให้นักเรียนคลี่แบบจำลองออกมาเป็นรูปเรขาคณิตสองมิติเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสังเกตส่วนประกอบและหาวิธีแก้ปัญหาที่ครูกำหนดและ

นักเรียนสามารถเปลี่ยนคำตอบได้พร้อมบอกเหตุผลในการเปลี่ยนคำตอบ (ส่วนที่ 1.1 ข้อ 2) จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา (นำเสนอวิธีหาคำตอบ)

ขั้นรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

4.2.3 ครูแจกใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 2 และชุดรูปเรขาคณิตสองมิติกระดาษที่ใช้สร้างพีระมิดให้กับนักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด (ครูตัดออกมาจากบัตรภาพรูปเรขาคณิตสองมิติที่เป็นส่วนประกอบของกรวยประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง 1 รูป และวงกลม 3 ขนาด และบัตรภาพรูปเรขาคณิตสองมิติที่เป็นส่วนประกอบของทรงกระบอกประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยม 1 รูป และวงกลม 3 ขนาด ขนาดละ 2 รูป โดยครูไว้ให้เตรียมไว้ให้นักเรียนเป็นชุด) โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 2.1 และส่วนที่ 2.3 เพื่อตรวจสอบคำตอบการจับคู่ที่นักเรียนลงมือแก้ปัญหาตามวิธีการที่ตนเองได้นำเสนอในส่วนที่ 1 และให้นักเรียนนำชุดรูปเรขาคณิตสองมิติกระดาษที่ได้รับมาประกอบเป็นพีระมิด พร้อมทั้งสังเกตหารวบรวมข้อมูลย่อย ๆ ที่เกิดขึ้นจากวิธีการแก้ปัญหาและให้นักเรียนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ โดยครูอาจแนะนำให้นักเรียนพิจารณาลักษณะของความเหมือนและความแตกต่างของข้อมูลของพีระมิด ที่ได้จากการทำกิจกรรม

ขั้นการสรุปข้อความคาดการณ์

4.2.4 ครูให้นักเรียนสร้างข้อความคาดการณ์ที่ได้จากการทำกิจกรรม “ปัญหาการออกแบบพีระมิดเพื่อใส่ขนม” โดยสร้างข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวฐานของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งที่เป็นผิวข้างของกรวย” กับ “ความยาวเส้นรอบวงของวงกลมที่เป็นฐานของกรวย” และสร้างข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก” กับ “ความยาวเส้นรอบวงของวงกลมที่เป็นฐานของทรงกระบอก” ซึ่งครูจะตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนอธิบายและเขียนข้อความคาดการณ์ลงในใบกิจกรรมใบกิจกรรมในส่วนที่ 2.2 และส่วนที่ 2.4 ดังนี้

(1) ข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวฐานของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งที่เป็นผิวข้างของกรวย” กับ “ความยาวเส้นรอบวงของวงกลมที่เป็นฐานของกรวย” ของกรวยเป็นอย่างไร

(นักเรียนควรตอบ ความยาวฐานของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งที่เป็นผิวข้างของกรวยเท่ากับ ความยาวเส้นรอบวงของวงกลมที่เป็นฐานของกรวย)

(2) ข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก” กับ “ความยาวเส้นรอบวงของวงกลมที่เป็นฐานของทรงกระบอก” ของทรงกระบอกเป็นอย่างไร

(นักเรียนควรตอบ ความยาวของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก เท่ากับความยาวเส้นรอบวงด้านของวงกลมที่เป็นฐานของทรงกระบอก)

4.2.5 ครูให้นักเรียนทุกกลุ่มส่งใบกิจกรรม ครูตรวจสอบความถูกต้องของข้อความ คาคการณ์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เขียน และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในกรณีที่ข้อความคาคการณ์ที่ได้ ไม่สมบูรณ์ครบถ้วนหรือครูอาจให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน

ชั้นนำข้อความคาคการณ์ไปใช้

4.2.6 ครูให้นักเรียนแต่ละคนนำข้อความคาคการณ์ไปใช้ผ่านการตอบคำถามในใบ ตรวจสอบความรู้ จำนวน 2 ข้อ (คะแนนเต็ม 3 คะแนน ข้อละ 6 คะแนน) เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของ นักเรียน โดยครูแจกใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง ข้อความคาคการณ์ของพีระมิด ให้นักเรียนแต่ละคน เพื่อเขียนคำตอบของตนในแต่ละคำถาม ซึ่งนักเรียนที่หาคำตอบได้ถูกต้องตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไป จะถือว่าผ่าน โดยคำถามในใบตรวจสอบความรู้ มีดังนี้

(1) ผึ้งมีมเปิดร้านไอศกรีมซอฟครีมจึงต้องการออกแบบกรวยกรอบใส่ไอศกรีมซอฟครีม โดยผึ้งมีมจะนำแผ่นแป้งรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งเข้าเครื่องอบม้วนเป็นกรวยกรอบและใส่ ไอศกรีมซอฟครีม จนเต็มพอดีแล้วจึงวางปิดด้านบนด้วยแผ่นชีกโกแลตวงกลมที่มีขนาดพอดี กัน เมื่อลูกค้าจะรับประทานให้ใช้ช้อนกดแผ่นชีกโกแลตให้แตกและผสมลงไปไอศกรีม

ถ้านักเรียนเป็นผึ้งมีมต้องการออกแบบกรวยกรอบโดยใช้แผ่นแป้งรูปใดในการทำกรวยกรอบมีความยาวฐานเท่ากับ 14 เซนติเมตร และนำแผ่นชีกโกแลตวงกลมมาวางปิด ด้านบนของกรวยกรอบให้มีขนาดพอดีกัน จึงต้องออกแบบให้ส่วนใดของแผ่นชีกโกแลตมีความ ยาวที่พอดีกันและจะต้องมีความยาวกี่เซนติเมตร

(นักเรียนควรตอบ ใช้แผ่นแป้งรูปสามเหลี่ยมฐานโค้ง และออกแบบให้ความยาว เส้นรอบวงยาวของแผ่นชีกโกแลต มีความยาวเท่ากับ 14 ซม.)

(2) การประดิษฐ์กระทงทรงกระบอกใส่ของกระจุกกระจิกแบบง่าย ๆ อาจทำจาก วัสดุ เหลือใช้ เช่น เศษกระดาษเหลือใช้ที่มีลวดลายสวยงามจากหนังสือการ์ตูนหรือนิตยสารที่ไม่ได้ อ่านแล้ว เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนง่าย ๆ คือ การนำกระดาษมาตัดเป็นรูปที่เหลี่ยมผืนผ้าตามขนาดที่ ตนเองต้องการแล้วนำมาม้วนให้ด้านคู่ใดคู่หนึ่งประกบพอดีเพื่อให้ได้ทรงกระบอกแล้วติดเทปใส ยึดเข้าไว้ด้วยกันให้เรียบร้อย ต่อจากนั้นตัดกระดาษเป็นวงกลมให้ที่มีขนาดที่พอดีติดเข้ากับด้าน ของกระป๋องทรงกระบอก 1 ด้าน แล้วตกแต่งให้สวยงามตามใจชอบในสไตล์ของตัวเองก็จะได้ กระทงทรงกระบอกที่สวยงามและแสนประหยัดไว้ใช้งาน

ถ้านักเรียนต้องการประดิษฐ์กระทงทรงกระบอกรูปไข่ให้เอง โดยตัดกระดาษเป็นรูปไข่ที่มีความกว้าง 21 เซนติเมตร และความยาว 42 เซนติเมตร นำมาม้วนให้ด้านกว้างประกบพอดีติดเทปใสยึดเข้าไว้ด้วยกันให้เรียบร้อย แล้วนักเรียนจะต้องตัดกระดาษเป็นวงกลมให้ที่มีขนาดที่พอดีติดเข้ากับด้านของกระทงทรงกระบอกรูป 1 ด้าน โดยจะต้องตัดกระดาษเป็นวงกลมให้มีส่วนของวงกลมกระดาษที่ยาวพอดีกันและจะต้องมีกึ่งเส้นติเมตร

(นักเรียนควรตอบ ตัดกระดาษเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้าง 21 เซนติเมตร และความยาว 42 เซนติเมตร และจะต้องตัดกระดาษเป็นวงกลมให้ที่มีขนาดที่พอดีติดเข้ากับด้านของกระทงทรงกระบอกรูป 1 ด้าน โดยจะต้องตัดกระดาษเป็นวงกลมให้มีความยาวเส้นรอบวงของวงกลมกระดาษ มีความยาวเท่ากับ 42 ซม.)

4.3 ขั้นสรุป

ใช้เวลาประมาณ 5 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ครูเก็บใบตรวจสอบความรู้ของนักเรียนแต่ละคน ครูตั้งคำถามในใบตรวจสอบความรู้ทีละข้อ แล้วสุ่มนักเรียน 2-3 คน เพื่อนำเสนอคำตอบในแต่ละข้อ และให้นักเรียนทุกคนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้อง รวมถึงให้นักเรียนทุกคนร่วมกันสรุปความรู้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของรูปคลี่ของพีระมิด และข้อความคาดการณ์ของพีระมิดที่ได้จากกิจกรรมการเรียนรู้

5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบนี้มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ต้องการวัดและ ประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
<u>ด้าน ความรู้ ทาง คณิตศาสตร์ :</u> 1. บอกลักษณะของรูปคลี่ของกรวยได้ 2. หาความยาวฐานของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งที่เป็นผิวข้างของกรวยเมื่อกำหนดความยาวเส้นรอบฐานวงกลมที่เป็นรูปคลี่ของกรวยได้ 3. บอกลักษณะของรูปคลี่ของทรงกระบอกได้ 4. หาความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก เมื่อกำหนดความยาวเส้นรอบฐานวงกลมที่เป็นรูปคลี่ของทรงกระบอกได้	<u>วิธีวัดผล :</u> พิจารณาความถูกต้องของคำตอบของนักเรียนซึ่งมี 2 ข้อ ในข้อ 1-2 ของใบตรวจสอบความรู้เรื่อง ข้อความคาดการณ์ของพีระมิด <u>เครื่องมือวัดผล :</u> ใบ ตรวจสอบ ความรู้ เรื่อง ข้อความคาดการณ์ของพีระมิด	<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u> ในแต่ละข้อคำถาม ถ้านักเรียนตอบ<u>ได้</u>ถูกต้อง จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้านักเรียนตอบ<u>ได้</u>เพียงบางส่วนจะได้คะแนน 0.5 คะแนน ถ้านักเรียนตอบ<u>ไม่</u>ถูกต้อง จะได้คะแนน 0 คะแนน <u>เกณฑ์การประเมินผล :</u> ถ้านักเรียนได้ คะแนน 3 คะแนนขึ้นไปจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน ถือว่า “ผ่าน”
<u>ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ :</u> 1. เขียนข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวฐานของรูปสามเหลี่ยมฐานโค้งที่เป็นผิวข้างของกรวย” กับ “ความยาวเส้นรอบฐานวงกลม” โดยใช้กระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้	<u>วิธีวัดผล :</u> ตรวจสอบความถูกต้องและความชัดเจนของข้อความคาดการณ์ที่นักเรียนเขียน ใบกิจกรรม เรื่อง ข้อความคาดการณ์ของพีระมิด ส่วนที่ 3 จำนวน 2 ข้อ	<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u> ในแต่ละใบกิจกรรม ถ้านักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ <u>ได้</u> ถูกต้อง ครบถ้วน และชัดเจน จะได้คะแนน 3 คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความ

จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ต้องการวัดและ ประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
2. เขียนข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ความยาวด้านของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนานที่เป็นผิวข้างของทรงกระบอก” กับ “ความยาวเส้นรอบฐานวงกลม” โดยใช้กระบวนการกระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้	เครื่องมือวัดผล : ใบกิจกรรม เรื่อง “Design Problems of Cone and Cylinder for Placing Candy? (ปัญหาการออกแบบพีระมิดเพื่อใส่ขนม?)”	คาดการณ์พอสื่อให้เข้าใจ ได้ครบถ้วน จะได้คะแนน 2 คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์พอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์ไม่ถูกต้องหรือไม่ได้เขียนเลย จะได้คะแนน 0 คะแนน เกณฑ์การประเมินผล : ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 2 ของคะแนนเต็ม 6 ถือว่า “ผ่าน”
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : 1. มีส่วนร่วมในการตอบคำถามในชั้นเรียน 2. มีความตรงต่อเวลาในการทำงาน 3. มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย	วิธีวัดผล : พิจารณาพฤติกรรมหรือการแสดงออกของนักเรียนขณะตอบคำถามหรือทำงานที่มอบหมาย โดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้วบันทึกในแบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานของนักเรียน เครื่องมือวัดผล : แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน	เกณฑ์การให้คะแนน : ในแต่ละข้อของแบบสังเกตพฤติกรรม ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้คะแนน 2 คะแนน ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้านักเรียนไม่แสดงออกเลย จะได้คะแนน 0 คะแนน เกณฑ์การประเมินผล :

จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ต้องการวัดและ ประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
		ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มถือว่า “ผ่าน”

6. บันทึกหลังการเรียนรู้

6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้/ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

6.2 ด้านครู

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียน/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

6.3 ด้านอื่น ๆ (ถ้ามี)

แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานของนักเรียน

วันที่: _____ เวลา _____

ข้อวิจารณ์: _____

การให้คะแนน: ถ้าแสดงพฤติกรรมให้เห็นอย่างเด่นชัด จะได้ คะแนน 2 คะแนน

ถ้าแสดงพฤติกรรมให้เห็นเพียงเล็กน้อย จะได้ คะแนน 1 คะแนน

ถ้าไม่แสดงพฤติกรรมเลย จะได้ คะแนน 0 คะแนน

[illegible]

**ใบกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง “Pyramid roof design problems
(ปัญหาการออกแบบหลังคาทรงพีระมิด)”**

คำชี้แจง

ให้เวลานักเรียนในการทำใบกิจกรรม 20 นาที

ให้นักเรียนดำเนินการดังนี้

ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 1 โดยนักเรียนแกะแบบจำลองหลังคาทรงพีระมิดตามที่กลุ่มตนเองได้รับแล้วทำการสังเกตฐานและหน้าข้างของพีระมิด ของกลุ่มตนเองว่าประกอบด้วยรูปเรขาคณิตสองมิติใดบ้างและอย่างไรบ้าง จากนั้นทำการคำนวณหาพื้นที่หน้าข้างแต่ละหน้า ผลรวมพื้นที่ผิวข้าง พื้นที่ฐาน พื้นที่ผิวทั้งหมด ของพีระมิดและผลคูณของความยาวรอบฐานของพีระมิดกับความสูงเอียงของพีระมิดแล้วทำการบันทึกข้อมูลและเติมข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

ให้นักเรียนทำใบกิจกรรมการเรียนรู้ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามข้อ 1) – 2) โดยที่นักเรียนทุกกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบข้อ 1) – 2) ก่อน จากนั้นแต่ละกลุ่มจึงทำข้อ 3)-4) ต่อไป

ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิดในส่วนที่ 2 ข้อ 5)

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกคนที่ 1 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 2 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 3 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 4 ชื่อ.....นามสกุล.....

ส่วนที่ 1 ให้นักเรียนแกะแบบจำลองหลังคาทรงพีระมิตตามที่กลุ่มตนเองได้รับแล้วทำการบันทึกข้อมูลและเติมข้อมูลลงในตารางให้สมบูรณ์

ชนิดของ แบบจำลอง หลังคาทรง พีระมิต จำแนกตาม ฐานของ พีระมิต	พื้นที่หน้าข้างแต่ละหน้าของแบบจำลองหลังคาทรง พีระมิต (ตร.ซม.)						ผลรวม พื้นที่ผิวข้าง แบบจำลอง หลังคาทรง พีระมิต	พื้นที่ฐาน แบบจำลอง หลังคาทรง พีระมิต	พื้นที่ผิว ทั้งหมดของ แบบจำลอง หลังคาทรง พีระมิต	ความยาว รอบฐาน ของ พีระมิต x ความสูง เอียงของ พีระมิต
	หน้าที่ 1	หน้าที่ 2	หน้าที่ 3	หน้าที่ 4	หน้าที่ 5	หน้าที่ 6				
พีระมิตฐาน สามเหลี่ยม ด้านเท่า										
พีระมิตฐาน สี่เหลี่ยม จัตุรัส										
พีระมิตฐาน หกเหลี่ยม ด้านเท่ามุม เท่า										

ส่วนที่ 2 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ (ข้อ 1) – 2) นักเรียนทุกกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายคำตอบก่อน จากนั้นแต่ละกลุ่มจึงทำข้อ 3)-5) ต่อไป)

1) การหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิตในตารางใช้วิธีการใด นักเรียนคิดว่ามีวิธีการอื่นอีกหรือไม่อย่างไร

.....

.....

2) พื้นที่ผิวข้างของพีระมิตมีความสัมพันธ์กับข้อมูลในตารางช่องใด อย่างไร

.....

.....

3) จากคำตอบที่ได้จากข้อ 1) – 2) นักเรียนสามารถเขียนสูตรพื้นที่ผิวข้างของพีระมิตได้อย่างไร

.....

.....

4) พื้นที่ผิวของพีระมิดมีกี่ส่วน อะไรบ้าง

.....

.....

5) ให้นักเรียนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ ที่ได้จากกิจกรรมส่วนที่ 1 และการตอบคำถามข้อที่ 1) - 4) ในส่วนที่ 2 เพื่อสร้าง “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิด” ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิด คือ

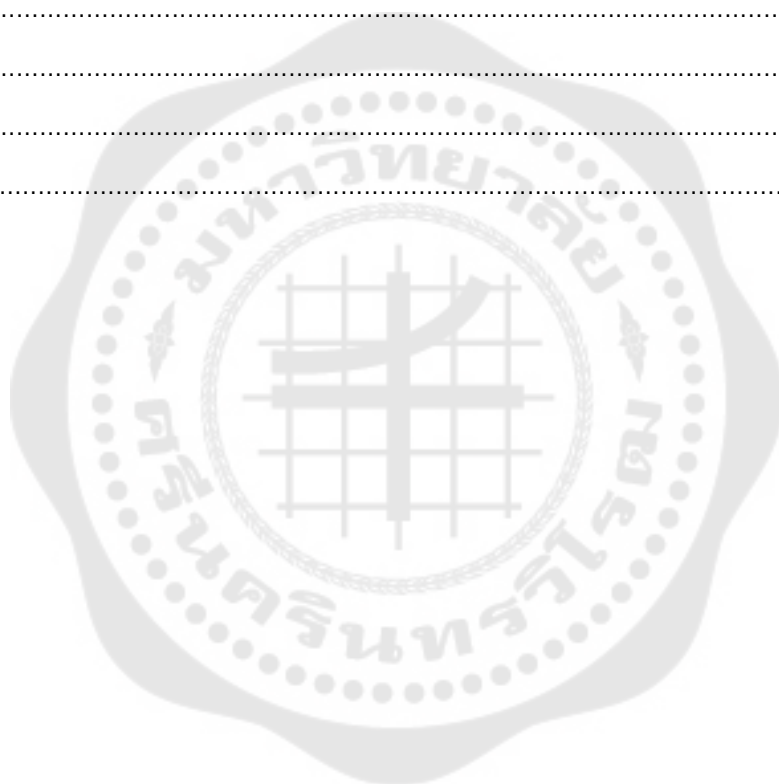
.....

.....

.....

.....

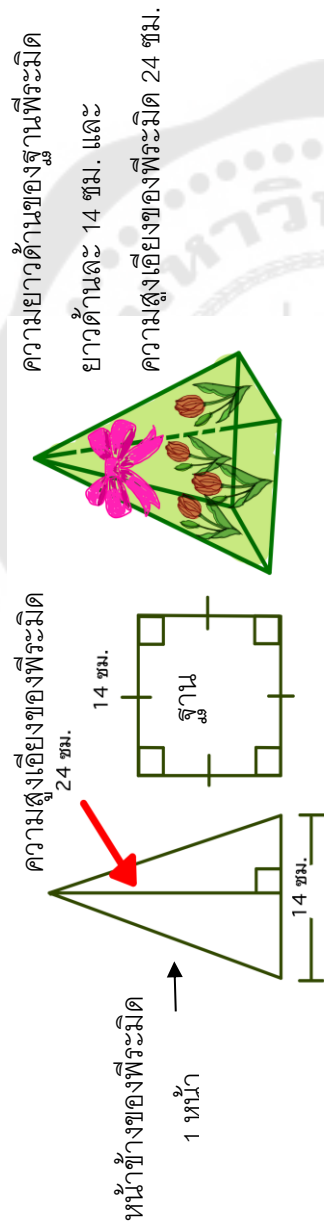
.....



ใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิด”

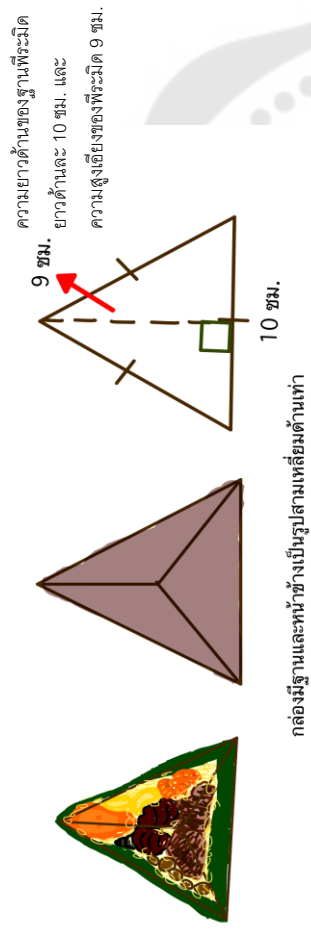
คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนคำตอบของตนเองในแต่ละข้อคำถาม (ใช้เวลา 10 นาที)

คำถามที่ 1 : ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ดังนี้



ร้านของขวัญต้องการออกแบบกล่องของขวัญพีระมิดแบบต่าง ๆ สำหรับใส่ของขวัญในโอกาสพิเศษตามลูกค้าต้องการ ถ้าลูกค้าหนึ่งเลือกกล่องของขวัญพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีหน้าข้าง รูปสามเหลี่ยมซึ่งมีฐานยาวเท่ากับ 14 เซนติเมตรและมีความสูง 24 เซนติเมตรและฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาวด้านละ 14 เซนติเมตร ทางร้านจะดำเนินการติดกระดาษลายดอกไม้ทั้งกล่อง โดยจะเริ่มติดฐานเป็นพื้นที่เท่ากับ . ตารางเซนติเมตร จากนั้นติดกระดาษบนผิวด้านข้างทั้ง 4 ด้านเป็นพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ . ตารางเซนติเมตร ดังนั้นร้านจะต้องเตรียมกระดาษทั้งหมดเป็นพื้นที่อย่างน้อย เท่ากับตารางเซนติเมตร

คำถามที่ 2 : ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ดังนี้



กล่องบะจ่างมีฐานและหน้าข้างทั้ง 3 หน้าเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่มีขนาดเท่ากันทุกรูป

บ๊ะจ่าง เป็นอาหารคาวของจีนชนิดหนึ่ง ทำด้วยข้าวเหนียวนำมาผัดน้ำมัน มีไส้หมูเค็มหรือหมูพะโล้ กุนเชียง ไข่เค็มเฉพาะไข่แดง กุ้งแห้ง เห็ดหอม เป็นต้น ห่อด้วยใบไผ่มีลักษณะการห่อที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

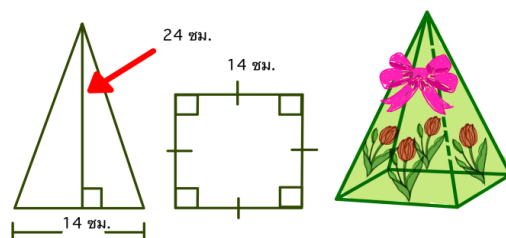
ถ้านักเรียนต้องออกแบบกล่องพีระมิดฐานสามเหลี่ยมในการใช้ใส่บ๊ะจ่างเพื่อความสะดวกในการซื้อกลับบ้านและช่วยไม่ให้มีเชื้อปนน้ำมัน โดยต้องการออกแบบเป็นกล่องพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่าและหน้าข้างทั้ง 3 หน้า และฐาน ทุกหน้ามีพื้นที่เท่ากัน โดยรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีฐานยาว 10 เซนติเมตรและมีความสูงเท่ากับประมาณ 9 เซนติเมตร กล่องใบนี้จะมีพื้นที่ฐาน เท่ากับ ตารางเซนติเมตร และมีความยาวรอบฐาน เท่ากับ เซนติเมตร และมีพื้นที่ผิวข้างของกล่องทั้งหมด เท่ากับ เซนติเมตร



เฉลยใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิด”

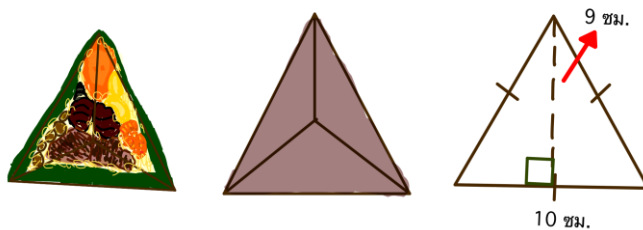
คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนคำตอบของตนเองในแต่ละข้อคำถาม (ให้เวลา 10 นาที)

คำถามที่ 1 : ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ดังนี้



ร้านของขวัญต้องการออกแบบกล่องของขวัญพีระมิดแบบต่าง ๆ สำหรับใส่ของขวัญในโอกาสพิเศษตามลูกค้าต้องการ ถ้าลูกค้าคนหนึ่งเลือกกล่องของขวัญพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีหน้าข้างรูปสามเหลี่ยมซึ่งมีฐานยาวเท่ากับ 14 เซนติเมตรและมีความสูง 24 เซนติเมตรและฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาวด้านละ 14 เซนติเมตร ทางร้านจะดำเนินการติดกระดาษลายดอกไม้ทั้งกล่อง โดยจะเริ่มติดฐานเป็นพื้นที่เท่ากับ 196 ตารางเซนติเมตร จากนั้นติดกระดาษบนผิวด้านข้างทั้ง 4 ด้านเป็นพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 672 ตารางเซนติเมตร ดังนั้นทางร้านจะต้องเตรียมกระดาษทั้งหมดเป็นพื้นที่อย่างน้อย เท่ากับ 868 ตารางเซนติเมตร

คำถามที่ 2 : ให้นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ดังนี้



กล่องมีฐานและหน้าข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า

บ๊ะจ่าง เป็นอาหารคาวของจีนชนิดหนึ่ง ทำด้วยข้าวเหนียวนำมาผัดน้ำมัน มีไส้หมูเค็มหรือหมูพะโล้ กุนเชียง ไข่เค็มเฉพาะไข่แดง กุ้งแห้ง เห็ดหอม เป็นต้น ห่อด้วยใบไผ่มีลักษณะการห่อที่มีรูปร่างใกล้เคียงกับพีระมิดฐานสามเหลี่ยม

ถ้านักเรียนต้องออกแบบกล่องพีระมิดฐานสามเหลี่ยมในการใช้ใส่บ๊ะจ่างเพื่อความสะดวกในการซื้อกลับบ้านและช่วยไม่ให้มือเปื้อนน้ำมัน โดยต้องการออกแบบเป็นกล่องพีระมิดฐานสามเหลี่ยมด้านเท่าและหน้าข้างทุกหน้าเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าที่เท่ากันทุกประการกับฐาน โดยรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีฐานยาว 10 เซนติเมตรและมีความสูงเท่ากับประมาณ 9 เซนติเมตร กล่องใบนี้จะมีพื้นที่ฐาน เท่ากับ 45 ตารางเซนติเมตร และมีความยาวรอบฐาน เท่ากับ 30 เซนติเมตรและมีพื้นที่ผิวข้างของกล่องทั้งหมด เท่ากับ 135 เซนติเมตร

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนข้อความคาดการณ์ เรื่อง “ข้อความคาดการณ์พื้นที่ผิวของพีระมิด”

ระดับคะแนน*	ตัวอย่างคำตอบ
3 ถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน	พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ <u>ครึ่งหนึ่งของผลคูณของความยาวรอบฐานของพีระมิดกับความสูงเอียงของพีระมิด</u> + <u>พื้นที่ฐานของพีระมิด</u>
2 พอสื่อสารให้เข้าใจได้แต่ไม่ชัดเจน	พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ <u>ครึ่งหนึ่งของผลคูณของความยาวฐานของพีระมิดกับความสูงเอียงของพีระมิด</u> + <u>พื้นที่ฐานของพีระมิด</u> หรือ พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ <u>ครึ่งหนึ่งของผลคูณของความยาวรอบฐานของพีระมิดกับความสูงเอียง</u> + <u>พื้นที่ฐานของพีระมิด</u> หรือ พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ <u>ครึ่งหนึ่งของผลคูณของความยาวฐานของพีระมิดกับความสูงเอียงของพีระมิด</u> + <u>ฐานของพีระมิด</u>
1 พอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน	พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ <u>ครึ่งหนึ่งของผลคูณของความยาวฐานของพีระมิดกับความสูงเอียง</u> + <u>ฐานของพีระมิด</u>
0 ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ	พื้นที่ผิวของพีระมิด เท่ากับ ฐาน x สูง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11		
รายวิชา	ค16201 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม	ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6
หน่วยการเรียนรู้	พื้นที่ผิวและปริมาตรของรูปเรขาคณิตสามมิติ	
หัวข้อเรื่อง	ปริมาตรของกรวย	
ปีการศึกษา	2566 ภาคเรียนที่ 1	เวลา 50 นาที

สำหรับในแผนการจัดการเรียนรู้นี้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัยของนักเรียน

1. จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ด้านความรู้ทางคณิตศาสตร์ : เพื่อให้นักเรียน

1.1.1 หาปริมาตรของกรวยได้

1.2 ด้านทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ : เพื่อให้นักเรียน

1.2.1 เขียนข้อความคาดการณ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ปริมาตรของกรวย” “ปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย” โดยใช้กระบวนการให้เหตุผลแบบอุปนัยได้

1.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ : เพื่อให้นักเรียน

1.3.1 มีส่วนร่วมในการตอบคำถามในชั้นเรียน

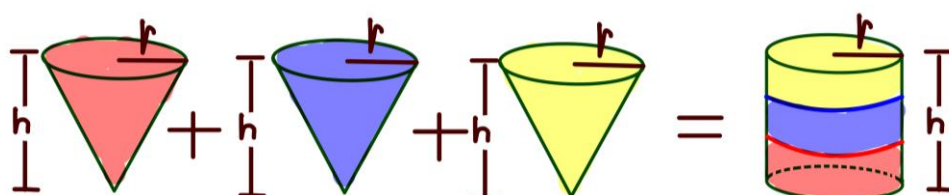
1.3.1 มีความรับผิดชอบในการทำงานที่มอบหมาย

1.3.2 มีส่วนร่วมในการทำงานที่มอบหมาย

2. สารการเรียนรู้

2.1 ปริมาตรของกรวย

ตัวอย่าง รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกรวยกับปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย



ปริมาตรของทรงกระบอก เท่ากับ $\text{พื้นที่ฐานของทรงกระบอก} \times \text{ความสูงของทรงกระบอก}$
 3 เท่าของปริมาตรของกรวย เท่ากับ ปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่
 ฐานของกรวยและสูงเท่ากับความสูงของกรวย

จะได้ว่า ปริมาตรของกรวย เท่ากับ หนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐาน
 เท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย
 และสามารถเขียนในรูปของสูตรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนปริมาตรของกรวยได้
 ดังนี้

$$\text{ปริมาตรกรวย} \quad \text{เท่ากับ} \quad \frac{1}{3} \times \text{พื้นที่ฐานของกรวย} \times \text{ความสูงของกรวย}$$

$$\text{หรือ ปริมาตรของกรวย} \quad \text{เท่ากับ} \quad \frac{1}{3} \times \pi r^2 h$$

3. สื่อการเรียนรู้ / แหล่งการเรียนรู้

3.1 ชุดเกม “กรวยดวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน” ประกอบด้วย

- กรวย 2 ขนาด ทรงกระบอก 3 ขนาด (กรวยกับทรงกระบอกจับคู่ได้ 2 คู่ โดย
 กรวยกับทรงกระบอกที่เป็นคู่กันจะต้องมีพื้นที่ฐานเท่ากันและมีความสูงเท่ากัน)

- เมล็ดธัญพืช
- ช้อน
- กะละมัง
- ใบชี้แจ้งวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกม
- ใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกม
- ใบสร้างข้อความคาดการณ์ “ปริมาตรของกรวย (Volume of cone)”

3.2 ใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง “ปริมาตรของกรวย”

4. กิจกรรมการเรียนรู้

4.1 ขั้นที่ 1 ขั้นนำเสนอเกม และชี้แจงวิธีการเล่น (ใช้เวลา 5 นาที)

4.1.1 ครูเสนอ “เกมกรวยดวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน” โดยอภิปรายกับนักเรียน
 เกี่ยวกับเกมที่จะใช้ทำกิจกรรมวันนี้ โดยเกมนี้นี้ชื่อ “กรวยดวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน”

4.1.2 ครูแจกชุดเกมเพื่อให้นักเรียนอ่านและศึกษาใบชี้แจงวิธีการเล่น กติกา
 เล่นเกม และตรวจสอบอุปกรณ์ในการเล่นให้ครบถ้วน

4.1.3 ครูให้นักเรียนตรวจสอบอุปกรณ์การเล่น หากไม่ครบให้มารับอุปกรณ์
 จากครู

4.1.4 ครูสรุปวิธีการเล่น และกติกาการเล่นอีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนทุกคนเข้าใจ
 ตรงกัน

4.2 ขั้นที่ 2 ขั้นเล่นเกมตามกติกา (ใช้เวลา 25 นาที)

4.2.1 นักเรียนนั่งตามกลุ่มของตนเองกลุ่มละ 4 คนแล้วเล่นเกมตามวิธีการเล่น และกติกาการเล่นเกมที่กำหนด โดยใช้อุปกรณ์การเล่นที่ครูแจกให้ ซึ่งมีวิธีการเล่นโดยสรุป คือ ให้ความเวลาในการเล่น 25 นาที มีภารกิจ 3 ภารกิจให้สะสมคะแนน ประกอบด้วย ภารกิจที่ 1 จับคู่ กรวยกับทรงกระบอกและบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องในครั้งแรกจะได้รับ 10 คะแนน ภารกิจที่ 2 ตอบคำถาม 3 ข้อ ตอบถูกต้องทั้ง 3 ข้อในครั้งแรกได้รับ 10 คะแนน ภารกิจที่ 3 เขียนข้อความ คาคติการณ์และถ้าเขียนได้ดีที่สุดตามเกณฑ์การให้คะแนนข้อความคาคติการณ์พร้อมกับส่งเร็วที่สุด จะได้รับคะแนนโบนัสอีก 10 คะแนน และมีกติกาการเล่น คือ การตรวจจะต้องตรวจบัญชีให้เต็ม กรวยแต่ละครั้งก่อนจึงจะนำไปเติมลงในทรงกระบอกที่เลือกได้ โดยกลุ่มที่ได้คะแนนสะสมมากที่สุดเป็นผู้ชนะเลิศ

4.3 ขั้นที่ 3 ขั้นอภิปรายสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการเล่นเกม (ใช้เวลา 10 นาที)

4.3.1 ครูพูดคุยกับนักเรียนว่าได้รับความรู้อะไรจากการเล่นเกม และครูอาจใช้ คำถามช่วยทบทวนความรู้ที่ได้ของนักเรียนจากการเล่นเกม โดยในส่วนนี้จะเป็นการเพิ่มเติมการ เขียนข้อความคาคติการณ์ในรูปของสูตรสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ รวมถึงเป็นตรวจสอบความ ถูกต้องของข้อความคาคติการณ์ที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้เขียน และให้คำแนะนำเพิ่มเติมในกรณีที่ ข้อความคาคติการณ์ที่ได้ไม่สมบูรณ์ครบถ้วนเพื่อนักเรียนให้เกิดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน โดยมีคำถามดังนี้

(1) นักเรียนได้รับความรู้ใดบ้างจากการเล่นเกมดวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน

(นักเรียนควรตอบ การใช้กรวยที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของทรงกระบอกและ มีความสูงของกรวยเท่ากับความสูงของทรงกระบอกดวงธัญพืชเทลงในโหลทรงกระบอก สามารถสรุปได้ดังนี้

- เมื่อจับคู่กรวยกับโหลทรงกระบอกได้ถูกต้อง จะต้องใช้กรวยดวงธัญพืช 3 ครั้ง จึงใส่โหลทรงกระบอกได้เต็มพอดี

- ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็น 3 เท่าของปริมาตรของกรวย

- ปริมาตรของกรวยคิดเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก

- ข้อความคาคติการณ์ที่ได้จากการเล่นเกม คือ ปริมาตรของกรวย เท่ากับ หนึ่งใน สามของปริมาตรของทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับ ความสูงของกรวย

(2) นักเรียนสามารถเขียนสูตรหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์แทนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยได้อย่างไร

(นักเรียนควรตอบ ปริมาตรของทรงกระบอก เท่ากับ พื้นที่ฐานของทรงกระบอก $\times$ ความสูงของทรงกระบอก หรือ ปริมาตรทรงกระบอก เท่ากับ ทำให้ปริมาตรกรวย เท่ากับ $\pi r^2 h \times \frac{1}{3}$ หรือ พื้นที่ฐานของกรวย $\times$ ความสูงของกรวย ดังนั้นปริมาตรของกรวย เท่ากับ $\frac{1}{3} \times \pi r^2 h$)

4.4 ขั้นที่ 4 ขั้นประเมินผลการเรียนรู้ (ใช้เวลา 10 นาที)

4.4.1 ครูให้นักเรียนทุกคนทำใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง ปริมาตรของกรวย จำนวน 2 ข้อ (คะแนนเต็ม 6 คะแนน ข้อละ 3 คะแนน) เพื่อตรวจความเข้าใจของนักเรียน ซึ่งนักเรียนที่หาคำตอบได้ถูกต้องตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไปจะถือว่าผ่าน โดยคำถามในใบตรวจสอบความรู้ มีดังนี้

1) เทียนรูปกรวยอันหนึ่งมีพื้นที่ฐานเท่ากับ 154 ตารางนิ้ว มีความสูง 30 นิ้ว จงตอบคำถามต่อไปนี้

(1.1) ปริมาตรของเทียนอันนี้มีค่าเท่าใด

(นักเรียนควรตอบ 1,540 ลูกบาศก์นิ้ว)

(1.2) ถาลดความสูงของเทียนเหลือ 15 นิ้ว แล้วปริมาตรของเทียนอันใหม่มีค่าเท่าใด

(นักเรียนควรตอบ 770 ลูกบาศก์นิ้ว)

(1.3) ปริมาตรของเทียนอันใหม่มีความสัมพันธ์กับปริมาตรของเทียนอันเดิมอย่างไร

(นักเรียนควรตอบ ปริมาตรของเทียนอันใหม่เป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรของเทียนอันเดิม หรือ ปริมาตรของเทียนอันเดิมเป็นสองเท่าปริมาตรของเทียนอันใหม่)

(2) ถ้าช่างต้องการแกะกรวยไม้อันนี้ให้มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอก และมีความสูงเท่ากับทรงกระบอกจากไม้ทรงกระบอกที่มีปริมาตร 2,310 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร จงตอบคำถามต่อไปนี้

(2.1) ช่างไม้ต้องแกะสลักไม้ส่วนเกินทิ้งคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

(นักเรียนควรตอบ สองในสามของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก)

(2.2) กรวยไม้ที่กระดาษาที่ได้มีปริมาตรคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

(นักเรียนควรตอบ หนึ่งในสามของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก)

(2.3) ปริมาตรของกรวยไม้ที่กระดาษาที่มีปริมาตรประมาณกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

(นักเรียนควรตอบ 770 ลูกบาศก์เซนติเมตร)

5. การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เพื่อให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในคาบนี้ มีดังนี้

จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ต้องการวัดและ ประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
ด้านความรู้ทาง คณิตศาสตร์ : 1. หาปริมาตรของกรวยได้	วิธีวัดผล : พิจารณาความถูกต้องของ คำตอบของนักเรียนซึ่งมี 2 ข้อ ในข้อ 1-2 ของใบตรวจสอบ ความรู้ เรื่อง “ปริมาตรของ กรวย” เครื่องมือวัดผล : ใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง “ปริมาตร ของกรวย”	เกณฑ์การให้คะแนน : ในแต่ละข้อคำถามย่อย ถ้านักเรียนตอบได้ถูกต้อง จะได้ คะแนน 1 คะแนน ถ้านักเรียนตอบได้เพียงบางส่วน จะได้คะแนน 0.5 คะแนน ถ้านักเรียนตอบไม่ถูกต้อง จะได้ คะแนน 0 คะแนน เกณฑ์การประเมินผล : ถ้านักเรียนได้คะแนนตั้งแต่ 3 คะแนนขึ้นไปจากคะแนนเต็ม 6 คะแนน ถือว่า “ผ่าน”
ด้านทักษะและ กระบวนการ ทางคณิตศาสตร์ : 1. เขียนข้อความคาดการณ์ที่ แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ปริมาตรของกรวย” “ปริมาตรของทรงกระบอกที่มี พื้นฐานเท่ากันกับพื้นที่ฐานของ กรวยและมีความสูงเท่ากับ ความสูงของกรวย” โดยใช้ กระบวนการให้เหตุผลแบบ อุปนัยได้	วิธีวัดผล : ตรวจสอบความถูกต้องและ ความ ชัดเจนของข้อความ คาดการณ์ที่ นักเรียนเขียนในใบสร้าง ข้อความ คาดการณ์ “ปริมาตรของ กรวย (Volume of cone)” เครื่องมือวัดผล : ใบสร้างข้อความคาดการณ์	เกณฑ์การให้คะแนน : ในแต่ละข้อความคาดการณ์ ถ้านักเรียนเขียนข้อความ คาดการณ์ได้ถูกต้องครบถ้วน และชัดเจน จะได้คะแนน 3 คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความ คาดการณ์พอสื่อสารให้เข้าใจ ได้แต่ไม่ชัดเจน จะได้คะแนน 2 คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความ คาดการณ์พอสื่อให้เข้าใจได้ เพียงบางส่วน จะได้คะแนน 1

จุดประสงค์การเรียนรู้ ที่ต้องการวัดและ ประเมินผล	การวัดผล	การประเมินผล
	“ปริมาตรของกรวย”	คะแนน ถ้านักเรียนเขียนข้อความ คาดการณ์ไม่ถูกต้องหรือไม่ ตอบจะได้คะแนน 0 คะแนน <u>เกณฑ์การประเมินผล :</u> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า 1 ของคะแนนเต็ม 3 ถือว่า “ผ่าน”
<u>ด้านคุณลักษณะอันพึง</u> <u>ประสงค์ :</u> 1. มีส่วนร่วมในการตอบ คำถามในชั้นเรียน 2. มีความรับผิดชอบในการ ทำงานที่มอบหมาย 3. มีส่วนร่วมในการทำงานที่ มอบหมาย	<u>วิธีวัดผล :</u> พิจารณาพฤติกรรมหรือการ แสดงออกของนักเรียนขณะ ตอบ คำถามหรือทำงานที่ มอบหมาย โดยมีครูเป็นผู้สังเกตแล้ว บันทึกในแบบสังเกต พฤติกรรม การทำงานของนักเรียน <u>เครื่องมือวัดผล :</u> แบบสังเกตพฤติกรรมการ ทำงาน ของนักเรียน	<u>เกณฑ์การให้คะแนน :</u> ในแต่ละข้อของแบบสังเกต พฤติกรรม ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็น อย่างเด่นชัด จะได้คะแนน 2 คะแนน ถ้านักเรียนแสดงออกให้เห็น เพียงเล็กน้อย จะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้านักเรียนไม่แสดงออกเลย จะ ได้คะแนน 0 คะแนน <u>เกณฑ์การประเมินผล :</u> ถ้านักเรียนได้คะแนนมากกว่า ร้อยละ 60 ของคะแนนเต็มถือว่า “ผ่าน”

6. บันทึกหลังการเรียนรู้

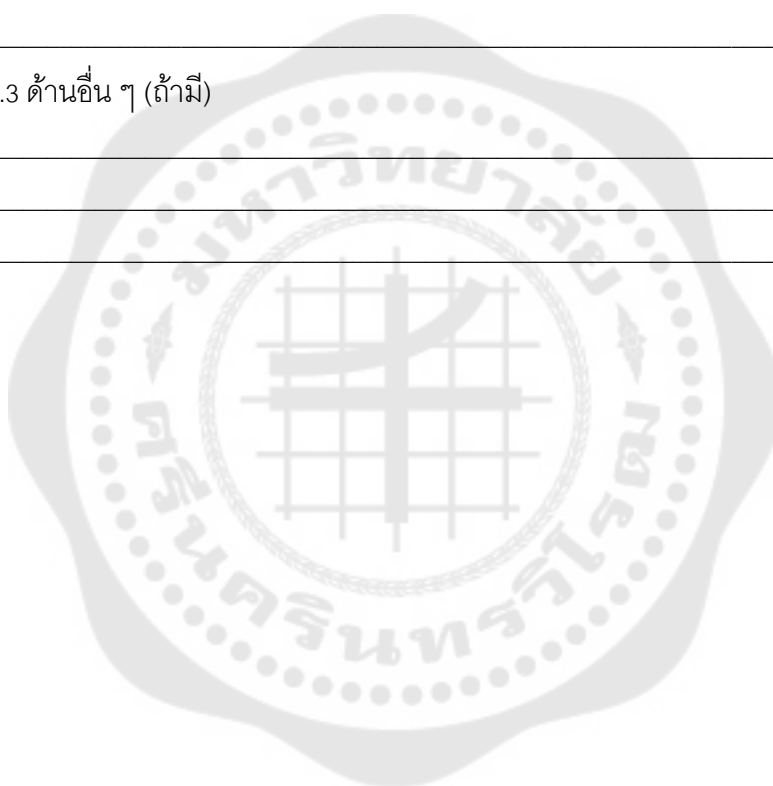
6.1 ด้านนักเรียน

(ระบุ ความรู้/ทักษะและกระบวนการ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนที่พบ)

6.2 ด้านครู

(ระบุ ปัญหาหรือผลการจัดการเรียน/ข้อเสนอแนะสำหรับการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป)

6.3 ด้านอื่นๆ (ถ้ามี)



แบบสังเกตพฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ชื่อกิจกรรม _____ วันที่ _____

กลุ่มที่ _____ ชื่อนักเรียน 1) _____

กลุ่มที่ _____ ชื่อนักเรียน 2) _____

กลุ่มที่ _____ ชื่อนักเรียน 3) _____

กลุ่มที่ _____ ชื่อนักเรียน 4) _____

พฤติกรรมในการให้เหตุผลแบบอุปนัย	นักเรียนคนที่				ข้อสังเกตเพิ่มเติม (ถ้ามี)
	1	2	3	4	
ด้านการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่น่าไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์					
1. นำความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการหาความสัมพันธ์ได้					
2. ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมและบันทึกข้อมูล					
3. มีการค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล					
4. ระบุความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลร่วมกันระหว่างข้อมูลย่อย ๆ					
5. มีการอธิบายและนำเสนอความสัมพันธ์ของข้อมูล					
ด้านการเขียนข้อความคาดการณ์					
1. นำผลที่ได้จากการลงมือปฏิบัติเพื่อนำไปสู่การสร้างข้อความคาดการณ์					
2. เขียนหรือบอกข้อความคาดการณ์ได้*					
3. เขียนหรือบอกเหตุผลสำหรับการสรุปข้อความคาดการณ์*					
4. เขียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อความคาดการณ์*					
5. มีการอธิบายและนำเสนอข้อความคาดการณ์*					

หมายเหตุ *ใช้การสังเกตพฤติกรรมร่วมกับใบกิจกรรม

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน	พฤติกรรมของผู้เรียน
0	ผู้เรียนไม่แสดงออกเลย
1	ผู้เรียนแสดงออกให้เห็นเพียงเล็กน้อย
2	ผู้เรียนแสดงออกให้เห็นอย่างเด่นชัด

ใบชี้แจงวิธีการเล่นเกมและกติกาการเล่นเกม

เกม “ดวงเมลิ็ดธัญพืชพาเพลิน”

วิธีการเล่น

(1) เกมนี้เล่นเป็นกลุ่ม ให้เวลาในการเล่นประมาณ 25 นาทีและต้องมีผู้เล่นอย่างน้อย 2 กลุ่มเพื่อแข่งกัน ประกอบด้วยสมาชิก 4 คน โดยความสามารถซึ่งเป็นนักเรียนเรียนเก่ง 1 คน นักเรียนเรียนปานกลาง 2 คน และนักเรียนเรียนอ่อน 1 คน

(2) ผู้เล่นแต่ละกลุ่มจะได้รับอุปกรณ์กลุ่มละ 1 ชุด (สำหรับใบเขียนข้อความคาดการณ์ผู้เล่นจะได้รับเมื่อทำภารกิจที่ 1 ได้สำเร็จ)

(3) ผู้เล่นแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่กัน ดังนี้

- ผู้ดวง 2 คน ช่วยกันดวงเมลิ็ดธัญพืชด้วยการใช้ช้อนตักเมลิ็ดธัญพืชใส่กรวยจนเต็มพอดีแล้วจึงนำไปเทใส่กระบอกลวดพลาสติกทรงกระบอ
- ผู้สังเกตและบันทึก 2 คน ช่วยกันสังเกตจำนวนครั้งที่ใช้กรวยเทเมลิ็ดธัญพืชจนเต็มกระบอกลวดพลาสติกทรงกระบอ
- ผู้เล่นทุกคนในกลุ่มช่วยกันบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกมที่ครอบคลุมสมบูรณ์และถูกต้อง
- ผู้เล่นทุกคนในกลุ่มช่วยกันเขียนข้อความคาดการณ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง “ปริมาตรของกรวย” กับ “ปริมาตรของทรงกระบอ (พร้อมระบุลักษณะส่วนประกอบของทรงกระบอ ที่มีความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) กับส่วนประกอบของกรวย)” ที่ได้จากการเล่นเกม โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกมที่ร่วมกับการพิจารณาลักษณะของความเหมือนและความแตกต่างของการหาปริมาตรของกรวยแต่ละขนาด

(4) ผู้เล่นจะต้องทำภารกิจให้สำเร็จในแต่ละภารกิจเพื่อสะสมคะแนน โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภารกิจที่ 1 “จับคู่และบันทึกข้อมูล” ผู้เล่นทุกคนในกลุ่มจะต้องช่วยกันจับคู่กรวยกับทรงกระบอให้ถูกต้อง พร้อมบันทึกข้อมูลลงในใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกมที่ถูกต้อง โดยการจับคู่ที่ถูกต้องพิจารณาจากกรวยที่ใช้เทเมลิ็ดธัญพืชใส่กระบอกลวดพลาสติกทรงกระบอในแต่ละครั้งที่เทจะต้องเต็มกรวยพอดีและจำนวนครั้งที่ใช้เทต้องเป็นจำนวนนับ เช่น 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง หรือ 3 ครั้ง เป็นต้นจนกว่าจะเต็มกระบอกลวดพลาสติกทรงกระบอ จึงจะถือว่ากรวยใบนั้นเป็นคู่ของทรงกระบอพลาสติกทรงกระบอ เมื่อบันทึกข้อมูลเสร็จแล้วให้นำใบบันทึกข้อมูลมาส่งครู ถ้าบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องในครั้งแรกจะได้รับเหรียญ 10 คะแนนพร้อมกับผู้เล่นจะได้รับใบเขียนข้อความคาดการณ์

เพื่อทำภารกิจต่อไป แต่ถ้าไม่ถูกต้องจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องก่อนจึงจะทำภารกิจต่อไปได้ ซึ่งถ้าบันทึกข้อมูลได้ถูกต้องในครั้งที่ 2 เป็นต้นไปจะได้รับเหรียญ 5 คะแนน

ภารกิจที่ 2 “ตอบคำถาม 3 ข้อ” ผู้เล่นทุกคนในกลุ่มจะต้องช่วยกันตอบคำถามข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 3 ในใบสร้างข้อความคาดการณ์ให้ถูกต้อง โดยนำคำตอบมาส่งครู ถ้าตอบได้ข้อถูกต้องทั้ง 3 ข้อในครั้งแรก จะได้รับเหรียญ 10 คะแนนแล้วจึงทำภารกิจต่อไปได้ แต่ถ้าไม่ถูกต้องจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องก่อนจึงจะทำภารกิจต่อไปได้ ซึ่งถ้าได้ถูกต้องทั้ง 3 ข้อในครั้งที่ 2 เป็นต้นไป จะได้รับเหรียญ 5 คะแนน

ภารกิจที่ 3 “เขียนข้อความคาดการณ์” ผู้เรียนทุกคนในกลุ่มจะต้องช่วยกันเขียนข้อสรุป (ข้อความคาดการณ์) ให้ครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง โดยจะให้คะแนนตามเกณฑ์การให้คะแนนข้อความคาดการณ์ดังนี้

ได้รับ 3 คะแนน ถ้าเขียนข้อความคาดการณ์ถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน

ได้รับ 2 คะแนน ถ้าเขียนข้อความคาดการณ์พอสื่อสารให้เข้าใจได้แต่ไม่ชัดเจน

ได้รับ 1 คะแนน ถ้าเขียนข้อความคาดการณ์พอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน

ได้รับ 0 คะแนน ถ้าเขียนข้อความคาดการณ์ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ

สำหรับภารกิจสุดท้ายนี้กลุ่มที่เขียนข้อความคาดการณ์ได้คะแนนดีที่สุดพร้อมกับส่งเร็วที่สุดจะได้รับเหรียญโบนัสอีก 10 คะแนน

(5) ผู้เล่นกลุ่มใดที่ได้คะแนนสะสมมากที่สุดจะเป็นกลุ่มชนะเลิศ

กติกาการเล่น

(1) ผู้เล่นห้ามใช้กรวยตักเมล็ดธัญพืชโดยตรงเด็ดขาด ต้องใช้ทัพพีที่เตรียมให้ในการตักเท่านั้น

(2) ผู้เล่นต้องจดจำว่า ทุกครั้งที่ผู้เล่นจะเทเมล็ดธัญพืชใส่กระบอกลาสติกทรงกระบอกจะต้องระวังไม่ให้หก และจะต้องตักให้เต็มกรวยก่อนแล้วจึงนำไปเทใส่กระบอกลาสติกทรงกระบอกจึงจะนับจำนวนครั้งในการเทได้

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

สมาชิกคนที่ 1 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 2 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 3 ชื่อ.....นามสกุล.....

สมาชิกคนที่ 4 ชื่อ.....นามสกุล.....



ใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกม “กรวยตวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน”

คำชี้แจง : ให้ผู้เล่นจับคู่กรวยกับทรงกระบอกและบันทึกข้อมูลให้ครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง

คู่ที่	ส่วนประกอบของรูปเรขาคณิตสามมิติ		ระบุส่วนประกอบ ของกรวยและ ทรงกระบอก ที่มีค่าเท่ากัน	จำนวนครั้งที่ใช้ กรวยตวง เมล็ดธัญพืชใส่โหล จนเต็ม	ปริมาตรที่ได้จากการตวง ด้วยกรวย 1 ครั้งคิดเป็น เศษส่วนเท่าใดของ ปริมาตรทรงกระบอก
	กรวย	ทรงกระบอก			
1	พื้นที่ฐานของกรวย ($\pi \times r \times r$) เท่ากับ _____ ตร.ซม. ความสูงของกรวย เท่ากับ _____ ซม.	พื้นที่ฐานของ ทรงกระบอก ($\pi \times r \times r$) เท่ากับ _____ ตร.ซม. ความสูงของ ทรงกระบอก เท่ากับ _____ ซม. ปริมาตรของ ทรงกระบอก (พ.ท.ฐาน x ความสูง) เท่ากับ _____ ลบ.ซม.		_____ ครั้ง	_____
2	พื้นที่ฐานของกรวย เท่ากับ _____ ตร.ซม. ความสูงของกรวย เท่ากับ _____ ซม.	พื้นที่ฐานของ ทรงกระบอก () เท่ากับ _____ ตร.ซม. ความสูงของ ทรงกระบอก เท่ากับ _____ ซม. ปริมาตรของ ทรงกระบอก (พ.ท.ฐาน x ความสูง) เท่ากับ _____ ลบ.ซม.		_____ ครั้ง	_____

ใบสร้างข้อความคาดการณ์ “ปริมาตรของกรวย (Volume of cone)”

คำชี้แจง : ให้ผู้เล่นตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอกให้ครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง

(1) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน จะต้องใช้ในการตวงกี่ครั้ง

.....

.....

(2) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็นกี่เท่าของปริมาตรของกรวย

.....

.....

(3) จากข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ (2) ปริมาตรของกรวยคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของทรงกระบอก

.....

.....

(4) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของปริมาตรของกรวยแต่ละขนาดที่ใช้ในการตวงเมล็ดธัญพืช 1 ครั้งแล้วนำไปเทใส่กระบอกพลาสติกทรงกระบอกตามลักษณะที่ใช้จับคู่ จงใช้ข้อมูลจากที่ได้จากคำถามข้อที่ (1)-(3) นำมาเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอก (พร้อมอธิบายลักษณะของทรงกระบอกที่จับคู่กับกรวยให้ครบถ้วน)

ข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวย คือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เฉลยใบบันทึกข้อมูลการเล่นเกม “กรวยตวงเมล็ดธัญพืชพาเพลิน”

คู่ ที่	ส่วนประกอบของรูปร่างคณิตสามมิติ		ระบุส่วนประกอบ ของกรวยและ ทรงกระบอก ที่มีค่าเท่ากัน	จำนวนครั้งที่ใช้ กรวยตวง เมล็ดธัญพืชใส่ โหลจนเต็ม	ปริมาตรที่ได้จา การตวงด้วยกรวย 1 ครั้งคิดเป็น เศษส่วน เท่าใด ของปริมาตร ทรงกระบอก
	กรวย	ทรงกระบอก			
1	พื้นที่ฐานของ กรวย เท่ากับ 154 ตร. ซม. ความสูงของกรวย เท่ากับ 20 ซม.	พื้นที่ฐานของ ทรงกระบอก เท่ากับ 154 ตร. ซม. ความสูงของ ทรงกระบอก เท่ากับ 20 ซม. ปริมาตรของ ทรงกระบอก เท่ากับ 3,080 ลบ. ซม.	พื้นที่ฐานและ ความสูงของ กรวยและ ทรงกระบอก	3 ครั้ง	หนึ่งในสาม
2	พื้นที่ฐานของ กรวย เท่ากับ 314 ตร. ซม. ความสูงของกรวย เท่ากับ 10 ซม.	พื้นที่ฐานของ ทรงกระบอก เท่ากับ 314 ตร. ซม.ความสูงของ ทรงกระบอก เท่ากับ 10 ซม. ปริมาตรของ ทรงกระบอก เท่ากับ 3,140 ลบ. ซม.	พื้นที่ฐานและ ความสูงของ กรวยและ ทรงกระบอก	3 ครั้ง	หนึ่งในสาม

ใบสร้างข้อความคาดการณ์ “ปริมาตรของกรวย (Volume of cone)”

คำชี้แจง : ให้ผู้เล่นตอบคำถามและเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอกให้ครบถ้วนสมบูรณ์และถูกต้อง

(1) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน จะต้องใช้กรวยดวงฉันทูปี่ชเพลงในโหลทรงกระบอกกี่ครั้งจึงจะเต็มพอดี

จะต้องใช้กรวยดวงฉันทูปี่ชเพลงในโหลทรงกระบอก 3 ครั้งจึงจะเต็มพอดี

(2) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของการจับคู่กรวยกับทรงกระบอกที่มีพื้นที่ฐานและความสูงเท่ากัน ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็นกี่เท่าของปริมาตรของกรวย

ปริมาตรของทรงกระบอกคิดเป็น 3 เท่าของปริมาตรของกรวย

(3) จากข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ (2) ปริมาตรของกรวยคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของทรงกระบอก

ปริมาตรของกรวยคิดเป็นหนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก

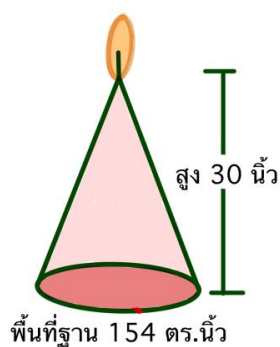
(4) จากการศึกษาและหาความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ของปริมาตรของกรวยแต่ละขนาดที่ใช้ในการตวงเมล็ดธัญพืช 1 ครั้งแล้วนำไปเทใส่กระบอกพลาสติกทรงกระบอกตามลักษณะที่ใช้จับคู่ จงใช้ข้อมูลจากที่ได้จากคำถามข้อที่ (1)-(3) นำมาเขียนข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของกรวยและปริมาตรของทรงกระบอก (พร้อมอธิบายลักษณะของทรงกระบอกที่จับคู่กับกรวยให้ครบถ้วน)

ข้อความคาดการณ์ปริมาตรของกรวย คือ ปริมาตรของกรวย เท่ากับ หนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับ ความสูงของกรวย

ใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง "ปริมาตรของกรวย"

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนเขียนคำตอบของตนเองในแต่ละข้อคำถาม

คำถามข้อที่ 1 เทียนรูปกรวยอันหนึ่งมีพื้นที่ฐานเท่ากับ 154 ตารางนิ้ว มีความสูง 30 นิ้ว จงตอบคำถามต่อไปนี้



1.1 ปริมาตรของเทียนอันนี้มีค่าเท่าใด

.....

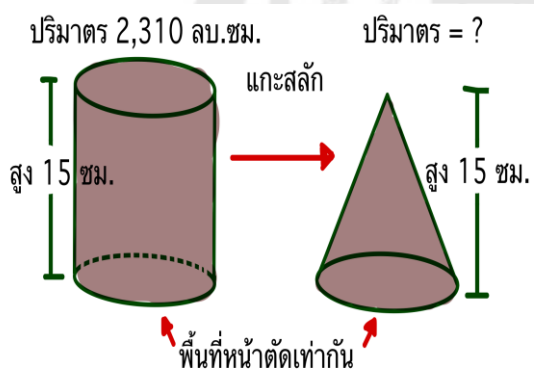
1.2 ถ้าลดความสูงของเทียนเหลือ 15 นิ้ว แล้วปริมาตรของเทียนกรวยอันใหม่มีค่าเท่าใด

.....

1.3 ปริมาตรของเทียนอันใหม่มีความสัมพันธ์ กับปริมาตรของเทียนอันเดิมอย่างไร

.....

คำถามที่ 2 ถ้าช่างต้องการแกะกรวยไม้อันนี้ให้มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอก และมีความสูงเท่ากับทรงกระบอกจากไม้ทรงกระบอกที่มีปริมาตร 2,310 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร จงตอบคำถามต่อไปนี้



2.1 ช่างไม้ต้องแกะสลักไม้ส่วนเกินทิ้งคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

.....

2.2 กรวยไม้ที่บกระดาศที่ได้มีปริมาตรคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

.....

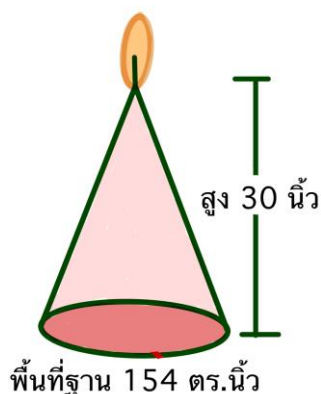
2.3 ปริมาตรของกรวยไม้ที่บกระดาศมีปริมาตรกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

.....

เฉลยใบตรวจสอบความรู้ เรื่อง "ปริมาตรของกรวย"

คำชี้แจง : ให้ผู้เรียนเขียนคำตอบของตนเองในแต่ละข้อคำถาม

คำถามข้อที่ 1 เทียนรูปกรวยอันหนึ่งมีพื้นที่ฐานเท่ากับ 154 ตารางนิ้ว มีความสูง 30 นิ้ว จงตอบคำถามต่อไปนี้



1.1 ปริมาตรของเทียนอันนี้มีค่าเท่าใด

1,540 ลูกบาศก์นิ้ว

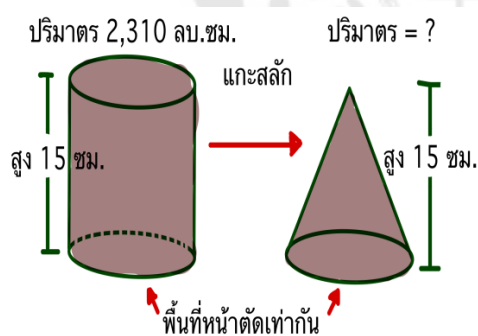
1.2 ถ้าวัดความสูงของเทียนเหลือ 15 นิ้ว แล้วปริมาตรของเทียนกรวยอันใหม่มีค่าเท่าใด

770 ลูกบาศก์นิ้ว

1.3 ปริมาตรของเทียนอันใหม่มีความสัมพันธ์กับปริมาตรของเทียนอันเดิมอย่างไร

ปริมาตรของเทียนกรวยอันใหม่เป็นครึ่งหนึ่งของปริมาตรของเทียนกรวยอันเดิม หรือ ปริมาตรของเทียนกรวยอันเดิมเป็นสองเท่าของปริมาตรของเทียนกรวยอันใหม่

คำถามที่ 2 ถ้าช่างต้องการแกะกรวยไม้อันนี้ให้มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดของทรงกระบอก และมีความสูงเท่ากับทรงกระบอกจากไม้ทรงกระบอกที่มีปริมาตร 2,310 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร ตอบคำถามต่อไปนี้



2.1 ช่างไม้ต้องแกะสลักไม้ส่วนเกินทั้งหมดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

สองในสามของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

2.2 กรวยไม้ที่แกะได้มีปริมาตรคิดเป็นเศษส่วนเท่าใดของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

หนึ่งในสามของปริมาตรของไม้ทรงกระบอก

2.3 ปริมาตรของกรวยไม้ที่แกะได้มีปริมาตรประมาณกี่ลูกบาศก์เซนติเมตร

770 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนข้อความคาดการณ์ เรื่อง “ปริมาตรของกรวย”

1) ข้อความคาดการณ์ของปริมาตรของกรวย

ระดับคะแนน*	ตัวอย่างคำตอบ
3 ถูกต้องครบถ้วนและชัดเจน	ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก</u> ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย
2 พอสื่อสารให้เข้าใจได้แต่ไม่ชัดเจน	ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของทรงกระบอก</u> ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย หรือ ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก</u> ที่มีฐานเท่ากับฐานกรวยและมีความสูงเท่ากับความสูงของกรวย หรือ ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของปริมาตรของทรงกระบอก</u> ที่มีพื้นที่ฐานเท่ากับพื้นที่ฐานของกรวยและสูงเท่ากับกรวย
1 พอสื่อให้เข้าใจได้เพียงบางส่วน	ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของทรงกระบอก</u> ที่มีฐานและมีสูงเท่ากับกรวย
0 ไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ	ปริมาตรของกรวย เท่ากับ <u>หนึ่งในสามของพื้นที่ผิวของทรงกระบอก</u>



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

ชื่อ.....ห้อง.....

๗

แบบทดสอบหลังกิจกรรมครั้งที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย
หัวข้อเรื่อง ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

ข้อที่ 1 (สถานการณ์ที่ 1)

เดวิดสนใจกับข้าวของวัสดุรีไซเคิลในบ้านที่ไม่ใช้แล้วมาทำกิจกรรมรูปเรขาคณิตสามมิติโดยทำตารางสำรวจลักษณะของวัสดุรีไซเคิลแต่ละชิ้น และต้องการขอความช่วยเหลือจากนักเรียน โดยขอให้นักเรียนมาช่วยในการจัดการและตอบคำถามต่อไปนี้



1. ถ้วยมาเก่า



2. โคมไฟโพนาน



3. กระป๋องนม



4. หมวกปาร์ตี้



5. กระถางปูน

ข้อ 1.1 ให้นักเรียนใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างของตารางให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

ชิ้นที่	หน้าตัดเป็นวงกลม 1 วง และมียอดแหลม	หน้าตัดสองหน้า		หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง		ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่ยอดแหลมกับจุดที่เส้นรอบวงของฐานยาวเท่ากันทุกเส้น			ผิวข้างเป็นผิวโค้งเรียบ
		พื้นที่เท่ากัน	พื้นที่ไม่เท่ากัน	ขนานกัน	ไม่ขนานกัน	จุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่าง (v) ยาวเท่ากันทุกเส้น	จุดที่เส้นรอบวงของฐานยาวเท่ากันทุกเส้น		
1. ถ้วยมาเก่า									
2. โคมไฟโพนาน									
3. กระป๋องนม									
4. หมวกปาร์ตี้									
5. กระถางปูน									

หมายเหตุ * ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างจะต้องลากให้ตั้งฉากกับหน้าตัดด้านล่าง

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน)
ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....

และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม.....

และมีผิวข้าง.....ซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็น

ลักษณะของ.....(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/

ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....

และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม.....

และมีผิวข้าง.....ซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็น

ลักษณะของ.....(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/

ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....

และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม.....

และมีผิวข้าง.....ซึ่งลักษณะของกระป๋องนมดังกล่าวเป็น

ลักษณะของ.....(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/

ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....

และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม.....

และมีผิวข้าง.....ซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของ

.....(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวย

ยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัด.....

และมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อม.....

และมีผิวข้าง.....ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็น

ลักษณะของ.....(เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/

ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) อธิบายลักษณะของกรวยยอดตัดให้ครบถ้วนและสมบูรณ์ (5 คะแนน)

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ.....

สถานการณ์ที่ 2

ร้านไอศกรีมแบบให้ลูกค้าบริการตัวเอง มีถ้วยตักไอติมเป็นถ้วยกรวยและมีฝาปิดเป็นวงกลม โดยฝาปิดวงกลม 1 อันมีลูกเล่น คือ สามารถขยายรัศมีจากเดิมเป็นรัศมีใหม่ตั้งแต่ละครณีในตาราง หากนักเรียนเข้าไปใช้บริการในร้านแห่งนี้ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีตอบคำถามข้อที่ 1) - ข้อที่ 2) และเขียนข้อความคาดการณ์ของสถานการณ์นี้ในข้อที่



ข้อ 1) ให้นักเรียนเติมข้อมูลลงในตารางให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

กรณี ที่	รัศมี (R) ของ ปากถ้วยกรวย ใส่อิสกรีม	ความยาวเส้นรอบวงของ ปากถ้วยกรวย ใส่อิสกรีม (มม.)	ความยาวเส้นรอบวงของฝา ปิดวงกลมที่ปิดปากถ้วย กรวยใส่อิสกรีมได้พอดี (มม.)	ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิด วงกลมใบใหม่เป็นกี่เท่าความ ยาวเส้นรอบวงของฝาปิดวงกลม ใบเดิม
1	ขนาดเดิม $R = 35$ มม.			
	ขนาดใหม่ $R = 2 \times 35 = 70$ มม.			
2	ขนาดเดิม $R = 70$ มม.			
	ขนาดใหม่ $R = 2 \times 70 = 140$ มม.			
3	ขนาดเดิม $R = 140$ มม.			
	ขนาดใหม่ $R = 2 \times 140 = 280$ มม.			

ข้อ 2) ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อ) ระหว่าง ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วย กรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี เท่ากับ ของถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีมได้พอดี ดังนั้น ถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น เท่าของ ความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้.....

กรณีที่ 2 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี เท่ากับ ของถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีมได้พอดี ดังนั้น ถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น เท่าของ ความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้.....

กรณีที่ 3 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี เท่ากับ ของถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีมได้พอดี ดังนั้นถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น เท่าของ ความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้.....

ข้อ 3) ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้และข้อสังเกตที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) แสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อ) ระหว่าง ฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ถ้วยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม (5 คะแนน)

ข้อความคาดการณ์ของฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ถ้วยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม คือ

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบหลังกิจกรรมย่อยครั้งที่ 1 ความสามารถในการให้เหตุผลแบบอุปนัย

หัวข้อเรื่อง ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของรูปเรขาคณิตสามมิติ

ข้อ 1.

สถานการณ์ที่ 1 เลดีเอสน่าเก็บข้าวของวัสดุรีไซเคิลในบ้านที่ไม่ใช้แล้วมาทำการจัดตามประเภทของรูปเรขาคณิตสามมิติโดยทำตารางสำรวจลักษณะของวัสดุรีไซเคิลแต่ละชิ้น และต้องการความช่วยเหลือจากนักเรียน โดยให้นักเรียนช่วยในการพิจารณาวัสดุต่าง ๆ และตอบคำถามต่อไปนี้

1. ถ้วยมาล่า



2. โคมไฟเพดาน



3. กระป๋องนม



4. หมวกปาร์ตี้



5. กระถางปูน



ข้อ 1.1 ให้นักเรียนใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างของตารางให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

ชิ้นที่	หน้าตัดเป็น วงกลม 1 และมียอด แหลม	หน้าตัดสอง หน้าเป็น วงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และไม่ ขนานกัน		หน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วง		ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่าง			
		พื้นที่ เท่ากัน	พื้นที่ ไม่ เท่ากัน	ขนาน กัน	ไม่ ขนาน กัน	จุดที่เส้นรอบวง ของหน้าตัด ด้านบนและ ด้านล่าง(*) ยาว เท่ากันทุกเส้น	จุดที่เส้นรอบวง ของหน้าตัด ด้านบนและ ด้านล่าง(*) ยาว ต่างกันทุกเส้น	จุดที่ยอดแหลม กับจุดที่เส้นรอบ วงของฐานยาว เท่ากันทุกเส้น	ผิวข้างเป็น ผิวข้างเป็น ผิวโค้งเรียบ
1. ถ้วยมามา			✓	✓		✓			✓
2. โคมไฟเพดาน			✓	✓		✓			✓
3. กระป๋องนม		✓		✓		✓			✓
4. หมวกปาร์ตี้	✓							✓	✓
5. กระถางปูน		✓			✓		✓		✓

หมายเหตุ * ส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างจะต้องลากให้ตั้งฉากกับหน้าตัดด้านล่าง

ข้อ 1.2 ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลเพื่ออธิบายลักษณะของกรวยตัดยอด (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ถ้วยมามีเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วงมีพื้นที่ไม่เท่ากันแต่ขนานกันและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้างโค้งเรียบซึ่งลักษณะของถ้วยมามีดังกล่าวเป็นลักษณะของกรวยยอดตัด (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 2 โคมไฟเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วงมีพื้นที่ไม่เท่ากันแต่ขนานกันและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้างโค้งเรียบซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของกรวยยอดตัด (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 3 กระป๋องนมเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วงมีพื้นที่เท่ากันและขนานกันและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้างโค้งเรียบซึ่งลักษณะของโคมไฟดังกล่าวเป็นลักษณะของทรงกระบอก (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 4 หมวกปาร์ตี้เป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดเป็นวงกลม 1 วงและมียอดแหลมและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่ยอดแหลมกับจุดที่เส้นรอบวงของฐานยาวเท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้างโค้งเรียบซึ่งลักษณะของหมวกปาร์ตี้ดังกล่าวเป็นลักษณะของกรวย (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

ขั้นที่ 5 กระถางปูนเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดสองหน้าเป็นวงกลม 1 หน้ากับวงรี 1 หน้า และไม่ขนานกันและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวไม่เท่ากันทุกเส้น และมีผิวข้างโค้งเรียบ ซึ่งลักษณะของกระถางปูนดังกล่าวเป็นลักษณะของไม่เป็นกรวยยอดตัด (เติมตรงนี้โดยเลือกอย่างใดอย่างหนึ่งจาก กรวย/ทรงกระบอก/กรวยยอดตัด/ไม่เป็นกรวยยอดตัด)

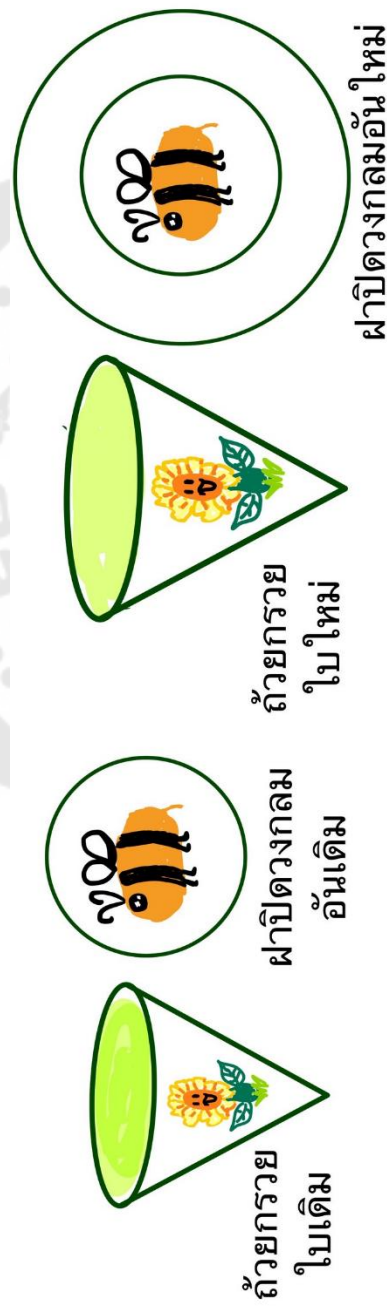
ข้อ 1.3 ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) อธิบายลักษณะของกรวยยอดตัดให้ครบถ้วนและสมบูรณ์ (5 คะแนน)

ข้อความคาดการณ์ของกรวยยอดตัด คือ

กรวยยอดตัดเป็นรูปเรขาคณิตสามมิติที่มีหน้าตัดทั้งสองหน้าเป็นวงกลม 2 วงมีพื้นที่ไม่เท่ากันแต่ขนานกันและมีส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมจุดที่เส้นรอบวงของหน้าตัดด้านบนและด้านล่างยาวเท่ากันทุกเส้นและมีผิวข้างโค้งเรียบ

ข้อ 2.

สถานการณ์ที่ 2 ร้านไอศกรีมแบบให้ลูกค้าบริการตัวเองมีถ้วยตักไอศกรีมเป็นถ้วยกรวยและมีฝาปิดเป็นวงกลม โดยฝาปิดวงกลม 1 อันมีลูกเล่น คือ สามารถขยายรัศมีจากเดิมเป็นรัศมีใหม่ ดังแต่ละกรณีในตาราง หากนักเรียนเข้าไปใช้บริการในร้านแห่งนี้ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่มีตอบคำถามข้อที่ 1) - ข้อที่ 2) และเขียนข้อความคาดการณ์ข้อที่ 3) ได้อย่างไร



ข้อ 2.1 ให้นักเรียนเติมข้อมูลลงในตารางให้ถูกต้อง (5 คะแนน)

กรณีที่	รัศมี (R) ของ ปากฉวยกรวย ใส่ไอศกรีม (มม.)	ความยาวเส้นรอบวงของ ปากฉวยกรวย ใส่ไอศกรีม (มม.)	ความยาวเส้นรอบวงของ ปิดวงกลมที่ปิดปากฉวย กรวยใส่ไอศกรีมได้พอดี (มม.)	ความยาวเส้นรอบวงของ ฝาปิดวงกลมใบใหม่เป็นกี่ เท่าความยาวเส้นรอบวง ของฝาปิดวงกลมใบเดิม
1	ขนาดเดิม R = 35 มม.	220	220	
	ขนาดใหม่ R = 2 x 35 = 70 มม.	440	440	2
2	ขนาดเดิม R = 70 มม.	440	440	
	ขนาดใหม่ R = 2 x 70 = 140 มม.	880	880	2
3	ขนาดเดิม R = 140 มม.	880	880	
	ขนาดใหม่ R = 2 x 140 = 280 มม.	1,760	1,760	2

ข้อ 2.2 ให้นักเรียนใช้ข้อมูลในข้อ 1) เติมข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วย กรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม (5 คะแนน) ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี**ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิด**เท่ากับ**ความยาวเส้นรอบวงของปาก**ถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีม**ได้พอดี** ดังนั้นถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น **2** เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น **2** เท่าของความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้**พอดี**

กรณีที่ 2 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี**ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิด**เท่ากับ**ความยาวเส้นรอบวงของปาก**ถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีม**ได้พอดี** ดังนั้นถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น **2** เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น **2** เท่าของความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้**พอดี**

กรณีที่ 3 ฝาปิดวงกลมจะต้องมี**ความยาวเส้นรอบวงของฝาปิด**เท่ากับ**ความยาวเส้นรอบวงของปาก**ถ้วยไอศกรีมจึงจะปิดถ้วยกรวยไอศกรีม**ได้พอดี** ดังนั้นถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น **2** เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น **2** เท่าของความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้**พอดี**

ข้อ 2.3 ให้นักเรียนเขียนข้อความคาดการณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้และข้อสังเกตที่ได้จากการตอบคำถามข้อ 2) แสดงความสัมพันธ์ (ความเกี่ยวข้อง) ระหว่าง ฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ถ้วยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม (5 คะแนน)

ข้อความคาดการณ์ของฝาปิดวงกลมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม กับ ถ้วยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิม คือ

ถ้าความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบใหม่ที่เพิ่มขึ้นจากใบเดิมเป็น 2 เท่าของใบเดิม ความยาวรอบวงของฝาปิดวงกลมใบใหม่จะต้องเป็น 2 เท่าของความยาวเส้นรอบวงของปากถ้วยกรวยใส่ไอศกรีมใบเดิมจึงจะปิดถ้วยใบใหม่ได้พอดี

ประวัติผู้เขียน

