การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

THE DEVELOPMENT OF A LEARNING MODEL FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENTS' ABILITY IN CONSTRUCTING SCIENTIFIC EXPLANATION

พิริยะ วรรณไทย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พิริยะ วรรณไทย

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

THE DEVELOPMENT OF A LEARNING MODEL FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENTS' ABILITY IN CONSTRUCTING SCIENTIFIC EXPLANATION

PIRIYA WANNATHAI

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of DOCTOR OF EDUCATION

(Science Education)

Faculty of Science, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

พิริยะ วรรณไทย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

.....

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล)

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	พิริยะ วรรณไทย
ปริญญา	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อน ระหว่าง และหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 3) ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น และ 5) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนเทียบเกณฑ์ร้อยละ 60 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี จำนวน 36 คน ที่ได้มาจากการเลือกตามความสะดวก เครื่องมือวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (One-sample t-test) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการวิจัยสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม 2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง 3) ขั้นค้นหาหลักฐาน 4) ขั้นเขียนแผนภาพ 5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ โดยนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ($M = 15.03$, $S.D. = 5.51$) สูงขึ้นกว่าก่อนเรียน ($M = 12.56$, $S.D. = 4.42$) มีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ดีขึ้น และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ($t = -.634$, $p = .265$) นอกจากนี้นักเรียนแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยมีการรวบรวมข้อมูลหลักฐานและองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

คำสำคัญ : รูปแบบการจัดการเรียนรู้, ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, การวิจัยและพัฒนา

Title	THE DEVELOPMENT OF A LEARNING MODEL FOR ENHANCING GRADE 10 STUDENTS' ABILITY IN CONSTRUCTING SCIENTIFIC EXPLANATION
Author	PIRIYA WANNATHAI
Degree	DOCTOR OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Chaninan Pruekpramool

The aims of this research are as follows: (1) to develop a learning model to enhance Grade 10 students' ability in constructing scientific explanation; (2) to study the abilities of students in constructing scientific explanation before, during and after using the learning model; (3) to study the learning behavior of students on constructing scientific explanation while using the learning model; (4) to compare the learning achievement of students before and after using the learning model; and (5) to compare the learning achievement of students after learning with 60% of the criterion. The learning model was created using a research and development process. The participants consisted of 36 Grade 10 students, who studied in a secondary school under the authority of Secondary Educational Service Area Office in Phetchaburi and selected by convenience sampling. The research instruments consisted of the following: (1) lesson plans; (2) an ability in constructing scientific explanation test; (3) a learning achievement test; and (4) an interview form. The data were analyzed quantitatively using percentage, mean, standard deviation, a one-sample t-test, and qualitatively using content analysis and analytic induction. The results can be summarized that the learning model was composed of six steps; (1) introducing the question; (2) brainstorming to identify a claim; (3) finding evidence; (4) drawing a diagram; (5) constructing a scientific explanation; and (6) constructing explanations for new situations. The mean scores of the abilities of the students in constructing scientific explanations after learning (M = 15.03, S.D. = 5.51) were higher than before learning (M = 12.56, S.D. = 4.42) with the learning model. The students gained better levels of learning progression. They also gained higher learning achievements, but with a lower score than the criteria of 60% (t = -.634, p = .265). Furthermore, students performed learning behavior about constructing scientific explanation by collecting evidence, gathering the components and compiled into a complete scientific explanation.

Keyword : Learning model, Ability in constructing scientific explanation, Grade 10 student, Learning achievement, Research and development

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาและความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ในด้านต่าง ๆ ตลอดจนให้ข้อคิด คำปรึกษา และข้อเสนอแนะเป็นอย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณาและความเอาใจใส่ที่ได้รับเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบปากเปล่า ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา ดาสา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพงษ์ แสงประดิษฐ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล และ อาจารย์ ดร.พินิจ ขำวงษ์ กรรมการสอบปากเปล่า ที่ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่อการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน รองศาสตราจารย์ ดร.จีระวรรณ เกษสิงห์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ลฎาภา ลดาชาติ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมษา นวลศรี อาจารย์ ดร.ธนิต ศิริบุญ และนางจุลัยพร สังข์แก้ว ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ ประเมินเครื่องมือวิจัย ให้ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัย จนได้เครื่องมือวิจัยที่มีความสมบูรณ์และมีคุณภาพ

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่มอบทุนสนับสนุนการทำปริญญานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2565 ให้กับผู้วิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนและคณะครูในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี ตลอดจนนักเรียนที่เข้าร่วมการวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมให้การดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี อีกทั้งยังบิดาและมารดาผู้ซึ่งให้การสนับสนุน เป็นแรงผลักดัน และอยู่เบื้องหลังความสำเร็จของผู้วิจัยเสมอมา

พิริยะ วรรณไทย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ภูมิหลัง 1

คำถามวิจัย 7

ความมุ่งหมายของการวิจัย 8

ความสำคัญของการวิจัย 8

ขอบเขตการวิจัย 8

นิยามศัพท์เฉพาะ 9

กรอบแนวคิดการวิจัย 12

สมมติฐานการวิจัย 13

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 16

1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 16

1.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 17

1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 20

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 22

1.5 การวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 49
2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 60
2.1 ความหมายและความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 60
2.2 การวัดและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 62
3. พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 70
3.1 ความหมายของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 70
3.2 การวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 71
4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 73
4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 73
4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 74
4.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 76
4.4 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 81
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 87
5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 88
5.2 การวัดประเมินพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 88
5.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 91
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 94
ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 95
ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 99

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 101
ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้จริงและประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ 106
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 131
ส่วนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ 131
ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 147
ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 148
ส่วนที่ 4 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 153
ส่วนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 168
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 170
สรุปผลการวิจัย 170
อภิปรายผลการวิจัย 171
ข้อเสนอแนะ 186
บรรณานุกรม 189
ภาคผนวก 203
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ 204
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 207
ภาคผนวก ค การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 236
ภาคผนวก ง ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 262
ภาคผนวก จ ใบรับรองโครงการวิจัย 269
ประวัติผู้เขียน 272

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill et al. (2008) 51

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นรายข้อตามแนวคิดของ McNeill et al. (2008) 52

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill et al. (2015) 53

ตาราง 4 เกณฑ์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ Yao et al (2018) 56

ตาราง 5 การแปลผลระดับความสามารถฯ ของนักเรียนใน 4 ระดับ ของ Gotwals et al. (2012) 63

ตาราง 6 การแปลผลระดับความสามารถฯ ของนักเรียนใน 5 ระดับ ของ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์และร่มเกล้า จันทราษี (2562) 64

ตาราง 7 การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน 3 ระดับ แบบแยกองค์ประกอบ ของพัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) 65

ตาราง 8 การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน 4 ระดับ แบบแยกองค์ประกอบของ Limberg (2016) 66

ตาราง 9 การเปรียบเทียบพฤติกรรมที่สะท้อนลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบ 82

ตาราง 10 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 85

ตาราง 11 ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ สำหรับวิเคราะห์ผลการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 98

ตาราง 12 การกำหนดหน่วยการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ 102

ตาราง 13 การกำหนดสถานการณ์คำถามที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 109

ตาราง 14 เกณฑ์ระดับและการให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 111

ตาราง 15 ตารางวิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบ 115

ตาราง 16 ตารางกำหนดจุดประสงค์และประเด็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ 118

ตาราง 17 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ 145

ตาราง 18 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 147

ตาราง 19 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น 168

ตาราง 20 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 169

ตาราง 21 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นกับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ 237

ตาราง 22 ความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้กับประเด็นในการพิจารณา 239

ตาราง 23 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ 242

ตาราง 24 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 247

ตาราง 25 ความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 247

ตาราง 26 การพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินของเกณฑ์การให้คะแนนโดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น 248

ตาราง 27 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 250

ตาราง 28 ความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 251
ตาราง 29 การวิเคราะห์ตัวเลือกในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 253
ตาราง 30 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์..... 260

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย 13
ภาพประกอบ 2 CER framework 42
ภาพประกอบ 3 แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง 45
ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ McNeill et al. (2008) 50
ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ BSCS (2012) 54
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ Yao et al. (2018) 55
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ สันติชัย อนุวรชัย (2557) 57
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างแบบประเมินฯ ของ สันติชัย อนุวรชัย (2553) 58
ภาพประกอบ 9 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Wang (2015) 67
ภาพประกอบ 10 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Yao et al. (2018) 68
ภาพประกอบ 11 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Kennedy et al. (2008) 69
ภาพประกอบ 12 การดำเนินงานวิจัย 95
ภาพประกอบ 13 แบบแผนการดำเนินการวิจัย 107
ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 110
ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรายข้อ 112
ภาพประกอบ 16 แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 135
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ 140
ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง 141
ภาพประกอบ 19 ลักษณะการบันทึกเหตุผลจากแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ... 142
ภาพประกอบ 20 วิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ 143

ภาพประกอบ 21 แนวทางการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น..... 144

ภาพประกอบ 22 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น..... 147

ภาพประกอบ 23 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม 148

ภาพประกอบ 24 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง 150

ภาพประกอบ 25 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบหลักฐาน 151

ภาพประกอบ 26 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบการให้เหตุผล..... 152

ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างการเขียนข้อกล่าวอ้างของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 1 155

ภาพประกอบ 28 จำนวนหลักฐานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสืบค้นได้ เพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง..... 157

ภาพประกอบ 29 การจัดกลุ่มของหลักฐานที่มีความใกล้เคียงกันและแยกหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องออกก่อนการเขียนเครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง 159

ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างการเขียนเหตุผลของนักเรียนคนหนึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 7 ... 160

ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ตามตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น 162

ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2 คน ที่มีองค์ประกอบครบทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล 164

ภาพประกอบ 33 เปรียบเทียบวิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคนหนึ่ง ลงในใบกิจกรรมครั้งที่ 2 4 และ 7 165

ภาพประกอบ 34 นักเรียนระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ จากประเด็นคำถามที่กำหนด..... 263

ภาพประกอบ 35 นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 263

ภาพประกอบ 36 ครูให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือนักเรียนในการสืบค้นอย่างใกล้ชิด 264

ภาพประกอบ 37 นักเรียนเขียนแผนภาพโดยโยงเส้นเชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนหรือ ขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น 264

ภาพประกอบ 38 นักเรียนเขียนหลักฐานที่สืบค้นได้ลงในกระดาษโน้ตก่อนแปะลงในใบกิจกรรม 265

ภาพประกอบ 39 นักเรียนนำเสนอหลักฐานที่สืบค้นได้ 265

ภาพประกอบ 40 นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในหลักฐานที่สืบค้นได้ภายในกลุ่ม 266

ภาพประกอบ 41 นักเรียนเขียนเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง 266

ภาพประกอบ 42 นักเรียนร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม 267

ภาพประกอบ 43 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 267

ภาพประกอบ 44 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนสุดท้าย 268

ภาพประกอบ 45 ตัวอย่างของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง 268

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

การส่งเสริมให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Federer, Nehm, Opfer, & Pearl, 2015, p. 528; McNeill & Krajcik, 2008a, p. 61) การจัดทำหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนานาประเทศจึงมุ่งเน้นพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standards, NGSS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่กำหนดให้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นได้ (National science teachers association, 2013) และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศออสเตรเลีย (Australian Science Curriculum) ที่กำหนดทิศทางของหลักสูตรและมาตรฐานความสำเร็จของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้นักเรียนในแต่ละระดับชั้นโดยเฉพาะระดับชั้นมัธยมศึกษา สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ (Australian curriculum assessment and reporting authority, 2020, p. 18) สำหรับประเทศไทยนั้น หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) มีเป้าหมายให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถอธิบายขยายความเรื่องราวต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3) จากตัวอย่างหลักสูตรและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่กล่าวมานั้น สะท้อนถึงความสำคัญของการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียน เพื่อพัฒนาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จนบรรลุตามเป้าหมายของหลักสูตร

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนหรือพูดคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา มีการอ้างถึงหลักฐานที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบหรือค้นคว้าข้อมูลประกอบการให้เหตุผล โดยความสามารถดังกล่าวนั้น ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันคำตอบหรือความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการค้นคว้า การอ่าน และการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จนได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น และ 3) การให้เหตุผล

(Reasoning) คือ การใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงจากหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น (McNeill & Krajcik, 2008a, p. 123; Songer & Gotwals, 2012, p. 147; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 3; สันติชัย อนุวรชัย, 2557, น. 103) การส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้น ช่วยให้เกิดความรอบรู้วิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในเนื้อหาของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง จนนำไปสู่การเป็นพลเมืองที่สามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาประเทศในอนาคตต่อไป สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของไทยที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้และความเข้าใจในเชิงลึก (สำนักงานบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2559, น. 18)

อย่างไรก็ตาม จากผลคะแนนสอบโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA) ซึ่งเป็นโครงการที่ริเริ่มโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD) ที่มีจุดมุ่งหมายในการประเมินคุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศสมาชิกทั่วโลก โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่เข้าร่วมโครงการ เพื่อเตรียมความพร้อมให้เยาวชนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยประเมินความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะของนักเรียนที่มีอายุ 15 ปีบริบูรณ์ ในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งในด้านวิทยาศาสตร์ทำการวัดและประเมินผลใน 3 สมรรถนะ คือ 1) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ 3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาเฉลี่ยเป็นคะแนนด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากผลการประเมินพบว่าคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยในปี ค.ศ. 2015 เท่ากับ 421 คะแนน จัดอยู่ในอันดับที่ 54 จาก 70 ประเทศ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD (493 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยในสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์น้อยกว่าสมรรถนะอื่น ๆ (OECD, 2015; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 84) ประกอบกับผลการประเมินด้านวิทยาศาสตร์ในปี ค.ศ. 2018 ที่ประเทศไทยถูกจัดอับดับอยู่ในกลุ่มต่ำ มีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD ที่มีค่า 489 คะแนนอยู่มาก และนักเรียนกว่าร้อยละ 44 มีความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐานที่กำหนด (OECD, 2018; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, น. 63) จากผลการประเมินทั้ง 2 ครั้ง สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยที่มีอายุ 15 ปี ซึ่งจบจากระดับการศึกษาภาคบังคับแล้วนั้น มีคะแนนการประเมินด้านวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิง

วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ย OECD และประเทศไทยยังมีผลการประเมินที่ห่างจากประเทศที่ติดอันดับต้น ๆ อยู่มาก นักเรียนที่อยู่ในช่วงวัยดังกล่าว จึงควรได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถอธิบายและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริงในอนาคต อีกทั้งเพื่อให้มีพื้นฐานที่ดีในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้นต่อไป

นอกจากผลการประเมินโครงการ PISA ข้างต้นแล้ว ยังมีผลจากงานวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านที่ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในประเทศไทย พบว่ามีผลการศึกษาที่ใกล้เคียงกัน คือ นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวในระดับที่ไม่สูงมาก และเมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีคะแนนองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สูง ส่วนองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุดและมีปัญหามากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ คือ องค์ประกอบของการให้เหตุผล (Oktavianti, Handayanto, Wartono, & Saniso, 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 115) จากการศึกษางานวิจัยเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า การส่งเสริมหรือพัฒนาความสามารถนี้ของนักเรียนให้ดีขึ้น จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาองค์ประกอบของการให้เหตุผลมากเป็นพิเศษ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ McNeill and Krajcik (2008a) ที่กล่าวไว้ว่า การให้เหตุผลถือเป็นองค์ประกอบที่ยากที่สุดสำหรับนักเรียน ซึ่งนักเรียนต้องเขียนอธิบายเหตุผลโดยนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานต่าง ๆ ที่ค้นพบกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น และการที่มีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นด้วย

นอกจากนี้ จากประสบการณ์ของผู้วิจัยที่ได้จัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เป็นรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่จัดให้กับนักเรียนทั้งแผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์และไม่เน้นวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่มีอายุ 15 ปี ที่สำเร็จการศึกษาภาคบังคับและเลือกเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนมีองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพสำหรับนำไปต่อยอดในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ผู้วิจัยสังเกตได้ว่า เมื่อมีการตั้งคำถามให้นักเรียนอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน หรือแม้กระทั่งการให้นักเรียนเขียนอธิบายคำตอบจากคำถามที่กำหนดให้ นักเรียนส่วนใหญ่มักตอบคำถามนั้นด้วยประโยคสั้น ๆ อาจเป็นการคาดเดา

หรือใช้ความรู้เดิมที่มีอยู่ โดยไม่มีการอ้างอิงถึงหลักฐาน หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่สามารถให้เหตุผล มาอธิบายเพื่อส่งเสริมคำตอบหรือคำอธิบายนั้นให้ชัดเจนได้ สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังขาดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกับปัญหาที่พบจากงานวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่าน และหากไม่ได้รับการพัฒนาตั้งแต่ระดับชั้นเริ่มต้นของการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย อาจส่งผลให้เกิดปัญหาในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นได้

นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ได้แก่ รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, เอกภูมิ จันทรขันตี, และ สุรศักดิ์ เชียงกา, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความสนใจ สำรวจตรวจสอบ สร้างแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ (Promsorn, 2019; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี, หัสชัย สิทธิรักษ์, และจิต นวนแก้ว, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบการคิดแบบจำลอง การสังเกต การสะท้อนผล การอธิบาย (จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ, 2558) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทำนาย สังเกต อธิบาย อย่างมีขั้นตอน (กฤตกร สภาสันติกุล, 2559) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่เน้นการอธิบาย (Nawani, Kotzebue, Spangler, & Neuhaus, 2019) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ (Aldresti, Rahayu, & Fajaroh, 2018) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง (ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562; สันติชัย อนุวรชัย, 2553; อรยา ใจแจ่ม, 2557) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้พื้นฐาน (อนงรัตน์ แก้วบำรุง, 2554) จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบกระบวนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน สิ่งที่สังเกตได้คือ แม้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน แต่มีฐานคิดมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) เหมือนกัน และมีลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน 4 ประการ คือ 1) มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งสถานการณ์ที่นำมาใช้ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นออกมา เพื่อสำรวจองค์ความรู้เดิม และสะท้อนการสร้างข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น และนำไปสู่การหาคำตอบในขั้นตอนต่อไป 2) มีการสำรวจรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น 3) มีการให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาอภิปรายร่วมกันและสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นปัญหาที่

กำหนดให้ และ 4) มีการลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม ลักษณะสำคัญเหล่านี้สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry learning) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลและสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ จนเกิดความรู้ความเข้าใจ และสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของตนเองได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557b) ในขณะเดียวกัน ลักษณะสำคัญทั้ง 4 ประการ ยังสะท้อนแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามแม้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ สามารถสะท้อนการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในภาพรวมและในองค์ประกอบการระบุข้อกล่าวอ้างและการแสดงหลักฐานสนับสนุนได้อย่างเด่นชัด แต่การส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลไม่ชัดเจนมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ระบุว่า แม้นักเรียนมีคะแนนความสามารถดังกล่าวในภาพรวมที่สูงขึ้น แต่การให้เหตุผลนั้น นักเรียนยังคงได้คะแนนต่ำและต่ำกว่าองค์ประกอบ (กรกนก เลิศเดชาภัทร, 2559, น. 81; เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561, น. 1750; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105) ดังนั้น จึงมีการนำเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ร่วมด้วยเพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ

เทคนิคการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาประยุกต์ใช้โดยสอดแทรกเข้าไปในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียนให้ดีขึ้นนั้น ประกอบด้วย เทคนิคการใช้กรอบหลักฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Tang, 2016) เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (เตชทัต เรืองธรรม, 2559) เทคนิคการใช้กรอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (McNeill, 2012; Traut, 2017) และเทคนิคการใช้แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง (Lombardi, Sibley, & Carroll, 2013; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562) ในแต่ละเทคนิคเปรียบเสมือนกรอบที่ช่วยชี้นำให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ จนทำให้นักเรียนมีความสามารถนี้ทั้งในภาพรวมและแต่ละองค์ประกอบดีขึ้น จากการที่ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ถึงข้อจำกัดของเทคนิคการใช้กรอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เทคนิคการใช้กรอบหลักฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ และเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ พบว่า แต่ละเทคนิคยังไม่สามารถช่วยให้นักเรียนนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการใช้แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนเครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น พร้อมให้เหตุผลประกอบความสัมพันธ์นั้น ๆ ซึ่งถือเป็นการส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลอย่างชัดเจน ช่วยให้

นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมที่ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 80)

จากการศึกษาเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 นอกจากมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้แล้วนั้น ยังมุ่งเน้นให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการค้นคว้าข้อมูล และแสวงหาความรู้จากวิธีการสังเกตและการสำรวจตรวจสอบ จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่ได้มาด้วยตนเองเป็นหลัก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3) ซึ่งจุดเน้นเหล่านี้สามารถวัดได้จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อีกทั้งการที่นักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น ต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (Aldresti et al., 2018, p. 99; Oktavianti et al., 2018, p. 181; Yao, Guo, & Neumann, 2016, p. 1; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 12) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องส่งเสริมทั้งความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากปัญหาเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าวของนักเรียนข้างต้น ประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการสังเคราะห์ลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเทคนิคที่นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำมาใช้ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้นำมาเป็นแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในทุกองค์ประกอบ โดยออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น มีการนำเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาประยุกต์ใช้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อช่วยในการส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลของนักเรียนดียิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ยังมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สืบค้นได้จากขั้นตอนต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มาสร้างเป็นเหตุผลในการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น และมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทบทวนองค์ความรู้ในบทเรียน ทั้งนี้ กระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้ศึกษาเพิ่มมากขึ้น และนำไปสู่การที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น (McNeill, 2012, p. 7; จงกล บุญรอด, 2557, น. 103)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้นำไปใช้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ซึ่งเป็นรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน ที่มุ่งเน้นให้เกิดความรู้ความเข้าใจ และสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิตประจำวันของตนเอง

ตลอดจนการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีกลุ่มอายุระหว่าง 15 - 16 ปี ที่เลือกเรียนต่อหลังจากสำเร็จการศึกษาภาคบังคับ และเป็นระดับชั้นที่เป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย การที่นักเรียนในกลุ่มนี้มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดี จะทำให้มีความสามารถพื้นฐานในการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นซึ่งเน้นการเพิ่มพูนความรู้และทักษะเฉพาะด้าน นอกจากนี้เพื่อสะท้อนประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นให้ชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยมีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถดังกล่าวที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ และความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Learning progression of constructing scientific explanation) ของนักเรียนเพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยความก้าวหน้าในการเรียนรู้นั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยสะท้อนความรู้ความเข้าใจของเรียนที่เกิดขึ้นจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ (Kaldaras, Akaeze, & Krajcik, 2021, p. 591) อีกทั้งยังช่วยสะท้อนผลของการจัดการเรียนรู้ของครู ว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจหรือมีความสามารถตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่มีปัญหาหรืออุปสรรคใดบ้างที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน จนนำไปสู่การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้ดีและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น (ลือชา ลดาชาติ, 2559, น. 144)

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งนอกจากการมุ่งศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนแล้ว ยังมุ่งพิจารณาและวิเคราะห์ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอีกด้วย โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นเป็นแนวทางให้นักวิจัยและนักการศึกษาที่สนใจ ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้ดีขึ้นต่อไป

คำถามวิจัย

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะเป็นอย่างไร

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นส่งผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อน ระหว่าง และหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

3. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

5. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นกับเกณฑ์ร้อยละ 60

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา จนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป อีกทั้งยังเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องเชิงนโยบายด้านการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้นำไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนไทยมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น ซึ่งสะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่มุ่งเน้นการสร้างความรู้และความเข้าใจในเชิงลึก และสะท้อนการส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หนึ่งในสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA)

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี จำนวน 36 คน ที่ได้มาด้วยการเลือกตามความสะดวก (Convenience sampling) โดยเป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน

2. **เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย**

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วยเนื้อหาใน 7 หัวข้อ คือ 1) ไบโอม 2) การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ 3) องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ 4) องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศ 5) ปัญหามลพิษทางน้ำ 6) มลพิษทางอากาศ และ 7) ปรากฏการณ์เรือนกระจก

3. **ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย**

ในการวิจัยครั้งนี้ จะดำเนินการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 รวมระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยทั้งสิ้น 24 คาบ ประกอบด้วย

3.1 การทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ และหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ

3.2 การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ และหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ

3.3 การทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน รวมทั้งสิ้น 18 คาบ โดยมีการวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 7 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้

3.4 การสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น หลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างเป็นขั้นตอน โดยการพัฒนา 3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยมีฐานคิดมาจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าว ประกอบด้วยการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่

1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และระบุประเด็นคำถามที่นำไปสู่การ

สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีการอธิบายแลกเปลี่ยนความคิดหรือความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้เพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน

2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนร่วมกันระดมความคิดภายในกลุ่มถึงข้อกล่าวอ้างชั่วคราวหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้เกี่ยวกับประเด็นคำถามในรูปของแผนผังความคิด

3) ขั้นค้นหาหลักฐาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่ม สำรวจตรวจสอบหรือสืบค้นข้อมูลในองค์ความรู้ที่เกี่ยวเนื่องกับประเด็นคำถาม เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พร้อมนำหลักฐานที่สืบค้นได้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน เพื่อพิจารณาความถูกต้องของหลักฐานแต่ละชิ้น

4) ขั้นเขียนแผนภาพ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ระบุหลักฐานที่สนับสนุน และระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาการเปลี่ยนผ่านจากข้อกล่าวอ้างชั่วคราวไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องร่วมด้วย

5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนำข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า มาเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ จากนั้นทำการอภิปรายและสรุปองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษาร่วมกัน

6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา มาประยุกต์ใช้ในการสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับประเด็นที่ศึกษา และมีการสะท้อนผลการเรียนรู้และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. **ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง พฤติกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการเขียนอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ โดยวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 2 ชุด ชุดละ 5 ข้อ แบ่งเป็นการวัดก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ครั้งละ 1 ชุด ซึ่งมีการพิจารณาใน 3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ

1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นคำตอบ สมมติฐาน หรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถาณการณ์คำถามที่กำหนดขึ้น

2) หลักฐาน เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของแผนภูมิ แผนภาพ รายงานการทดลอง หรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้จากการสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า หรือทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3) การให้เหตุผล เป็นข้อความที่แสดงถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ ตลอดจนเหตุผลในการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

3. **ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยวัดจากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเขียนลงในใบกิจกรรมของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 7 หน่วย รวมวัดทั้งสิ้น 7 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและแยกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ใน 3 ระดับความสามารถ คือ ดี ปานกลาง และควรปรับปรุง จากนั้นทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ ตลอดระยะเวลา 7 หน่วยการเรียนรู้

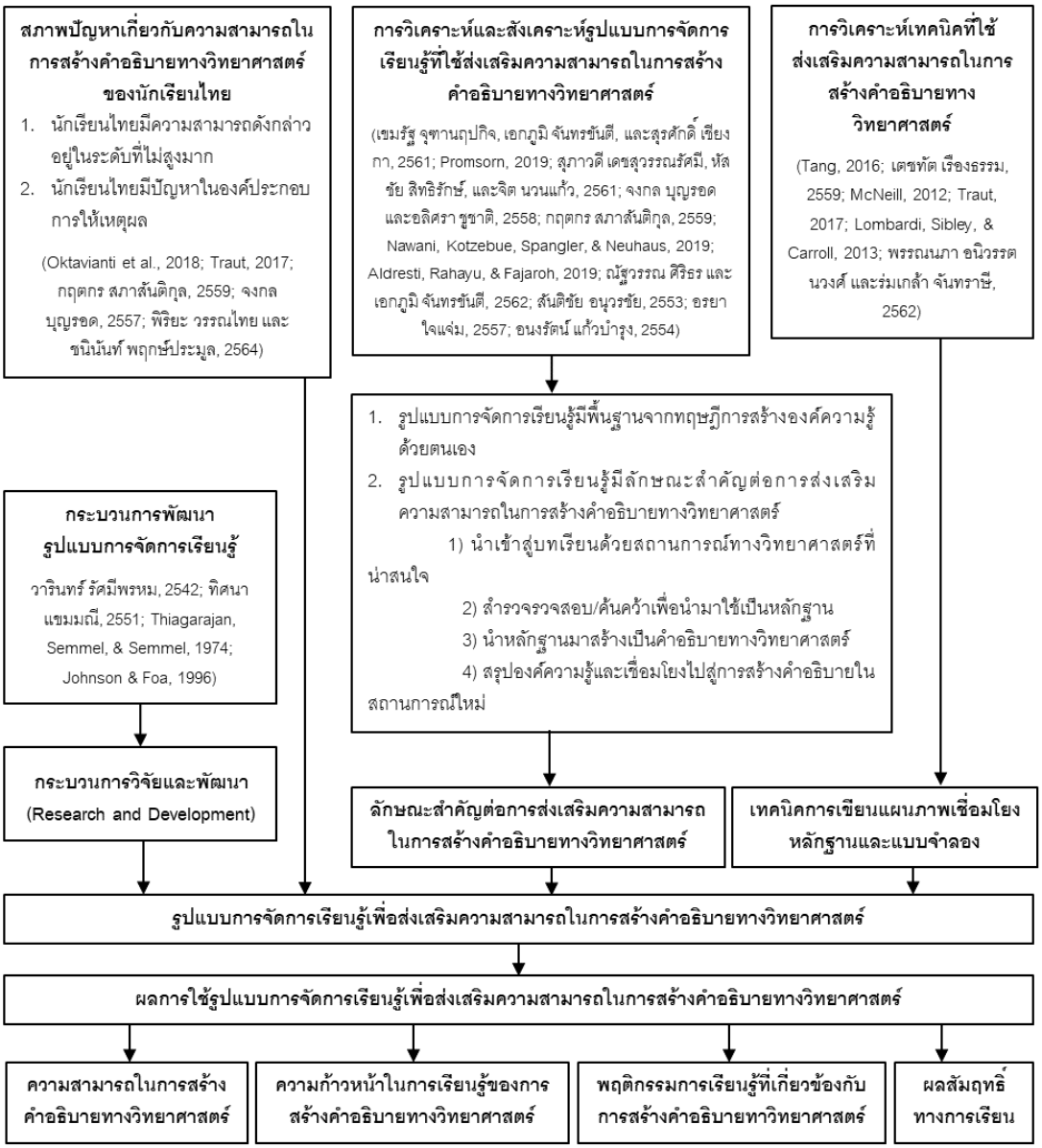
4. **พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง กริยาอาการหรือความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่แสดงออกมาในระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยบันทึกพฤติกรรมของนักเรียนลงในบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ตลอดระยะเวลา 7 หน่วยการเรียนรู้ และวิเคราะห์พฤติกรรมดังกล่าวร่วมกับผลการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

5. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง ความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งวัดได้จากการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 31 ข้อ โดยทำการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยใน 3 ระดับ คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ ทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยครั้งนี้ เกิดจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ทราบความหมาย ความสำคัญ องค์ประกอบ และปัญหาเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่พบว่า นักเรียนไทยมีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และมีปัญหามากที่สุดในองค์ประกอบการให้เหตุผล (Oktavianti et al., 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 115) จากนั้นทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และเทคนิคที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียน พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีพื้นฐานจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีลักษณะสำคัญต่อการส่งเสริมความสามารถดังกล่าว คือ 1) นำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ 2) สำรวจรวจสอบ/ค้นคว้าเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐาน 3) นำหลักฐานมาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 4) สรุปองค์ความรู้และเชื่อมโยงไปสู่การสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ส่วนเทคนิคที่ช่วยส่งเสริมองค์ประกอบการให้เห็นผลอย่างเด่นชัด คือ เทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง (Lombardi et al., 2013, p. 51; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 68)

ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า กระบวนการดังกล่าวสะท้อนลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) (Johnson & Foa, 1996, p. 21; Thiagarajan, Semmel, & Semmel, 1974, p. 5; ทิศนา แขมมณี, 2551, น. 201; วารินทร์ รัศมีพรหม, 2542, น. 47) นอกจากนี้ ผู้วิจัยพบว่าการที่นักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ต้องอาศัยองค์ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องร่วมด้วย (Aldresti et al., 2018, p. 99; Oktavianti et al., 2018, p. 181; Yao et al., 2016, p. 1; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 12) โดยสะท้อนผ่านการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานของการพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยพิจารณาทั้งความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยเขียนเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนสูงขึ้น

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ มุ่งศึกษาและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ และประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1.5 การวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายและความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2 การวัดและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3. พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.2 การวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.4 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.2 การวัดและประเมินผลพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับความหมาย องค์ประกอบ และความสำคัญ ตลอดจนการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผลความสามารถดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นผ่านการสืบเสาะความรู้ด้วยตนเอง จนสามารถเขียนหรือพูดอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ (Oktavianti et al., 2018, p. 181; กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2559, น. 2; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 2) ในกระบวนการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าข้อมูลทางวิทยาศาสตร์หรือหลักฐานต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาใช้ในการสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้น ประกอบกับการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จากกระบวนการเหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นพื้นฐานในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วย (McNeill & Krajcik, 2008a, p. 121; National Research Council, 2012, p. 2; กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2559, น. 2; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558, น. 260) ในขณะเดียวกัน กระบวนการที่ได้มาซึ่งหลักฐานที่มีความเหมาะสมต่อการสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง และประเมินข้อมูลก่อนที่จะตัดสินใจเชื่อในหลักฐานนั้น ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หนึ่งในทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Holmes, Wieman, & Bonn, 2015, p. 11199)

จึงสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนหรือพูดคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา โดย

คำอธิบายที่สร้างขึ้นนี้ต้องสนับสนุนด้วยหลักฐาน ที่ผ่านการสำรวจตรวจสอบ การค้นคว้าข้อมูล การคิดวิเคราะห์ จนได้หลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ พร้อมทั้งมีการให้เหตุผลในลักษณะของหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบคำอธิบายที่สร้างขึ้นด้วย

1.2 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องเขียนหรือพูดคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยมีหลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมมาสนับสนุนคำอธิบายนั้น นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านได้กำหนดองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขึ้น เพื่อใช้เป็นกรอบในการดำเนินการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ดังต่อนี้

McNeill and Krajcik (2007, p. 3) กล่าวว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยในแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นคำตอบหรือความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น โดยเมื่อครูตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหา ข้อความที่นักเรียนสร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามหรือให้ข้อสรุปในประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น เรียกว่า ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ง่ายที่สุดสำหรับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2) หลักฐาน เป็นการหาข้อมูลหรือข้อสนับสนุนต่าง ๆ ผ่านการค้นคว้า การอ่านและการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ จนได้ข้อมูลหรือหลักฐานที่เพียงพอมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ซึ่งข้อมูลที่นำมาอาจได้จากการสังเกต การวัด การทดลองด้วยตนเอง หรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่น่าเชื่อถือ ต้องมีการตรวจสอบหลายครั้ง หรือทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลน่าเชื่อถือ แม่นยำ และมีความเชื่อมั่นต่อการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นนักเรียนจะต้องพิจารณาใน 2 ส่วนสำคัญเสมอ คือ 1) ความเหมาะสมของข้อมูล โดยข้อมูลที่นำมาสนับสนุนจะต้องมีความสัมพันธ์และเกี่ยวเนื่องกับประเด็นคำถามที่กำหนดขึ้น และ 2) ความเพียงพอของข้อมูล หมายถึง ข้อมูลที่นำมานั้นเพียงพอที่จะโน้มน้าวให้บุคคลอื่นเชื่อในข้อกล่าวอ้างได้หรือไม่ ซึ่งมักต้องใช้หลักฐานหลายชิ้นมาสนับสนุนซึ่งกันและกันอีกด้วย

3) การให้เหตุผล เป็นการอธิบายความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ตลอดจนเหตุผลในการนำหลักฐานมาสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผล

ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ถือเป็นขั้นตอนที่ยากที่สุด เนื่องจากจะต้องเชื่อมโยงหลักฐานต่าง ๆ ที่มีไปยังข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น เป็นการอธิบายให้เห็นถึงเหตุผลของการนำหลักฐานที่มีมาสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยจำเป็นต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเข้ามามีส่วนช่วยในการเชื่อมโยงข้อความดังกล่าว การช่วยเหลือหรือส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการให้เหตุผล สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดของตนเองและมีความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ดียิ่งขึ้น

องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เสนอโดย McNeill and Krajcik (2007) เป็นที่นิยมใช้สำหรับนักวิจัยและนักการศึกษาอย่างแพร่หลาย ดังปรากฏในงานวิจัยของ Berland and Reiser (2009); Yang and Wang (2 0 1 4) ; Taylor, Davidson, and Strong (2014); สุทธิชาติ เปรมกมล (2558); กรกนก เลิศเดชาภัทร (2559); พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) และงานวิจัยของ พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล (2564) ซึ่งมีการเสนอและนิยามความหมายของแต่ละองค์ประกอบไว้ไม่แตกต่างกัน โดยที่ 1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นคำตอบของนักเรียนต่อประเด็นคำถามที่กำหนดขึ้น ซึ่งข้อกล่าวอ้างนี้ถือเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสามารถเขียนออกมาได้ง่ายที่สุด ทั้งนี้การเขียนข้อกล่าวอ้างจะต้องไม่กำกวม ควรแสดงให้เห็นคำตอบของคำถามที่ชัดเจน และควรมีหลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนด้วย 2) หลักฐาน เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เก็บรวบรวม สังเกต หรือค้นคว้า เพื่อสนับสนุนหรือโต้แย้งข้อกล่าวอ้างของตนเอง และ 3) การให้เหตุผล เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานที่สนับสนุน โดยข้อความที่นำมาเชื่อมโยงนี้อาจเป็นความรู้พื้นฐาน หลักการ หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ในขณะเดียวกันยังมีนักวิจัยและนักการศึกษาอีกหลายท่านที่เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างออกไป ดังนี้

Tang (2016, p. 1430) กล่าวว่า องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิจัยและนักการศึกษาใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล แต่องค์ประกอบเหล่านี้ เหมาะสมกับบริบทที่มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่เป็นข้อโต้แย้งระหว่างกัน ที่มีการรวบรวมข้อมูลหลักฐานจากการทำการทดลอง แต่อาจไม่เหมาะกับบริบทที่มีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากการรวบรวมข้อมูลจากทฤษฎีต่าง ๆ จึงได้ออกแบบและกำหนดองค์ประกอบขึ้นใหม่ ให้มีความเหมาะสมกับบริบทมากขึ้น โดยประกอบด้วย

3 องค์ประกอบ คือ หลักฐาน (Premise) การให้เหตุผล (Reasoning) และผลลัพธ์ (Outcome) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) หลักฐาน เป็นทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ทั่วไป ข้อมูล หรือทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงไปสู่ปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) การให้เหตุผล เป็นลำดับของความเชื่อมโยงที่ประกอบด้วยส่วนของความเป็นเหตุเป็นผล ที่นำไปสู่สาเหตุที่แท้จริงของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา ซึ่งมักจะปรากฏในรูปของคำเชื่อมประโยคที่ว่า “เพราะว่า” หรือ “มีสาเหตุมาจาก” และเหตุผลทั้งหมดนี้ทำให้เกิดเป็นองค์ประกอบของผลลัพธ์

3) ผลลัพธ์ เป็นข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา

Yao et al. (2016, p. 9) กล่าวว่า นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านมีความคาดหวังให้นักเรียนอธิบายว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นผลมาจากสิ่งใด โดยมีการค้นคว้าทฤษฎีหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาร่วมในการอธิบาย พร้อมกับการให้เหตุผลประกอบคำอธิบายอย่างถูกต้อง ความคาดหวังดังกล่าวนำไปสู่ออกแบบองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 4 องค์ประกอบ คือ ปรากฏการณ์ (Phenomenon) ทฤษฎี (Theory) ข้อมูล (Data) และการให้เหตุผล (Reasoning) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ปรากฏการณ์ เป็นองค์ประกอบที่นำมาใช้แทนข้อกล่าวอ้าง เนื่องจากคำว่า “ข้อกล่าวอ้าง” เป็นคำที่เหมาะกับกิจกรรมการโต้แย้ง การใช้คำว่า “ปรากฏการณ์” จะมีความจำเพาะ ชัดเจน และเหมาะกับความหมายทั่วไปของคำว่า “คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์” และเหมาะสมต่อการนำไปฝึกฝนให้นักเรียนเริ่มต้นการอธิบายสิ่งที่ได้จากการสังเกต

2) ทฤษฎี เป็นองค์ประกอบที่แยกออกมาจากองค์ประกอบของการให้เหตุผลของ McNeill et al. (2008) โดยเป็นทฤษฎีที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น การแยกทฤษฎีออกมาจากองค์ประกอบของการให้เหตุผล ทำให้นักเรียนเห็นภาพของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและง่ายต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

3) ข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่ใช้ในการสนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

4) การให้เหตุผล เป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ ทฤษฎี และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

เมื่อศึกษาเอกสารและงานวิจัยทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเพิ่มเติม พบว่า นักวิจัยและนักการศึกษาส่วนมาก มีการระบุองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยอ้างอิงถึงแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2007) เป็นหลัก ด้วยบริบทการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่เน้นให้นักเรียนได้คาดการณ์หรือระบุแนวโน้มของปรากฏการณ์ทางชีวภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม มีสำรวจตรวจสอบทำการทดลอง หรือค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นหลักฐานประกอบคำอธิบายของตนเอง มีการอภิปรายและนำเสนอองค์ความรู้และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกระบุองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 องค์ประกอบตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2007) คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน เป็นข้อสนับสนุนต่าง ๆ จากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และ 3) การให้เหตุผล เป็นการอธิบายที่แสดงถึงความสัมพันธ์หรือความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่มีอยู่ ตลอดจนเหตุผลในการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้นโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

1.3 ความสำคัญของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยมีการค้นหาเหตุผล ข้อมูล หรือหลักฐานที่ถูกต้องและเหมาะสมมาสนับสนุนคำอธิบายนั้น (McNeill & Krajcik, 2008a, p. 60) การส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าว จึงมีความสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ เนื่องจากหลักฐานที่ได้จากกระบวนการสำรวจตรวจสอบหรือการรวบรวมข้อมูลนั้น มีทั้งหลักฐานที่จริงและเท็จ และมีระดับความน่าเชื่อถือที่แตกต่างกัน นักเรียนจึงต้องคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง และประเมินหลักฐานต่าง ๆ ทั้งในแง่ของความเหมาะสมและความน่าเชื่อถือก่อนตัดสินใจเชื่อและเลือกหลักฐานชิ้นนั้นมาสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้น ในขณะเดียวกัน ในช่วงที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบหรือค้นคว้าข้อมูล หากนักเรียนพบหลักฐานใหม่ที่ถูกต้องและมีความเหมาะสมมากกว่า นักเรียนก็สามารถนำหลักฐานนั้นไปพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดีและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นได้ (National Research Council, 2012, p. 118; กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2559, น. 3; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 222)

การส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในกับนักเรียน เป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษา ในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนักเรียนจะต้องนำหลักฐานซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นแล้วนั้น นักเรียนยังต้องมีการให้เหตุผลซึ่งเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่บ่งชี้ให้เห็นว่า หลักฐานที่นักเรียนนำมานั้น สามารถสนับสนุนของกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นได้อย่างไร (Zembal-Saul, McNeill, & Hershberger, 2013, p. 24) การที่นักเรียนได้ระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นนั้น สะท้อนให้เห็นถึงความพยายามในการทำความเข้าใจกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ในปรากฏการณ์ที่ศึกษา และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้จากหน่วยการเรียนรู้ต่าง ๆ หรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้เข้าด้วยกัน ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้ง (Oktavianti et al., 2018, p. 181; Zembal-Saul et al., 2013, p. 13) ในขณะเดียวกัน เมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างดีแล้วนั้น ช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (McNeill & Krajcik, 2008b, p. 54; Oktavianti et al., 2018, p. 181)

อีกหนึ่งความสำคัญของการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียน คือ การพัฒนานักเรียนให้มีทักษะการสื่อสารที่ดี ซึ่งสิ่งที่สื่อสารออกมานั้น คือ คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ผ่านการเขียนหรือการพูด โดยมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมมาสนับสนุน และมีการให้เหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาประกอบคำอธิบาย กระบวนการเหล่านี้เปรียบเสมือนการฝึกฝนให้นักเรียนสามารถสื่อสารองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนไปสู่ผู้รับสารอื่นให้สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงสะท้อนให้เห็นถึงการส่งเสริมทักษะการสื่อสารที่เป็นหนึ่งในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย (Partnership for 21st century skills, 2010, p. 9; Zembal-Saul et al., 2013, p. 13; ไสว ฟักขาว, 2558, น. 3)

จึงสรุปได้ว่า การส่งเสริมความสามารถดังกล่าว ช่วยการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้ที่ให้ความสำคัญกับหลักฐานที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ ช่วยพัฒนานักเรียนให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมากยิ่งขึ้นและลึกซึ้ง อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารของนักเรียนให้สามารถสื่อสารองค์ความรู้ผ่านการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้ผู้อื่นเข้าใจได้

1.4 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียน ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักวิจัยและนักการศึกษาได้พยายามส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ โดยผู้วิจัยได้แบ่งลักษณะของการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ (Learning approach) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (Learning model) และเทคนิคการจัดการเรียนรู้ (Learning technique) โดยแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 กลุ่มแนวทางการจัดการเรียนรู้

แนวทางการจัดการเรียนรู้ เป็นกรอบแนวคิดที่แสดงให้เห็นถึงจุดมุ่งหมายและแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ตามเป้าหมายที่กำหนดขึ้น (Aflalo & Gabay, 2013, p. 2) นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1.4.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry learning)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นแนวทางที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นตัวแทนความคิดของตนเองต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา (Baumfalk et al., 2019, p. 573; Passmore, Stewart, & Cartier, 2009, p. 397; ราตรี ยะคำ, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์, 2563, น. 194; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558, น. 5) การจัดการเรียนรู้นี้ มีลักษณะสำคัญ 6 ประการ คือ 1) สะท้อนการมีส่วนร่วมในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 2) มีการใช้แบบจำลองในการสืบเสาะหรือสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ 3) มีการสืบเสาะหาความรู้เพื่อแก้ไขแบบจำลอง 4) สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น 5) ใช้แบบจำลองในการสร้างความเข้าใจ และ 6) มีส่วนร่วมในการโต้แย้ง Passmore et al. (2009, p. 397) ลักษณะสำคัญทั้ง 6 ประการเป็นแนวคิดพื้นฐานเพื่อพัฒนาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ของนักวิจัยและนักการศึกษาแต่ละท่าน ดังนี้

Windschitl, Thompson, and Braaten (2008, p. 957) ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยเสนอขั้นตอนไว้ 5 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นวิเคราะห์ประเด็นและกำหนดขอบเขตศึกษา เป็นขั้นตอนที่ครูกำหนดขอบเขตของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา

2) ขั้นจัดระเบียบความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่รู้และสิ่งที่ต้องรู้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของตนเองในประเด็นที่ครูกำหนดขึ้น และสร้างแบบจำลองเบื้องต้น โดยมีครูเป็นผู้นำเสนอปรากฏการณ์และใช้คำถามที่ชี้นำให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นตามความเข้าใจของตนเอง

3) ขั้นสร้างสมมติฐานที่สามารถทดสอบได้ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างสมมติฐาน และศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกับสมมตติฐานที่สร้างขึ้น เพื่อนำไปสู่การดำเนินการทดลองหรือการค้นหาหลักฐานสนับสนุนแบบจำลองที่สร้างขึ้น

4) ขั้นค้นหาหลักฐาน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วนำข้อมูลหรือหลักฐานที่รวบรวมได้มาปรับแก้แบบจำลองที่สร้างขึ้นพร้อมเขียนคำอธิบายประกอบ

5) ขั้นสร้างการโต้แย้ง เป็นการนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้น มีการตอบคำถามในประเด็นที่เพื่อนสงสัย และสร้างคำอธิบายเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาคำอธิบายของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

Schwarz et al. (2009, p. 638) ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยได้เสนอขั้นตอนไว้ 7 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นเข้าถึงปรากฏการณ์ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนถูกกระตุ้นความสนใจในประเด็นที่กำหนดขึ้น มีการให้ความรู้พื้นฐานที่จำเป็นโดยใช้ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

2) ขั้นสร้างแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น เพื่อเป็นตัวแทนความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูกำหนด

3) ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำการสำรวจค้นคว้าหาจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และนำข้อมูลมาอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน พร้อมให้เหตุผลประกอบอย่างเหมาะสม

4) ขั้นประเมินแบบจำลอง เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้วางแผนและออกแบบการทดลองตามประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ศึกษา เพื่อรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการประเมินและปรับแก้แบบจำลอง

5) ขั้นประเมินแบบจำลองด้วยแนวคิดอื่น ๆ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ศึกษางานวิจัยที่ครูกำหนดให้ จนมีองค์ความรู้ที่เพียงพอต่อการปรับแก้แบบจำลองของตนเองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

6) ขั้นปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง เป็นขั้นตอนนักเรียนได้ปรับแก้แบบจำลองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และพร้อมที่จะนำไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่

7) ขั้นใช้แบบจำลองทำนายและอธิบายปรากฏการณ์อื่น เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นในการคาดเดาและอธิบายปรากฏการณ์ใหม่

จากลักษณะสำคัญและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้นี้สามารถส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนผ่านการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ และอธิบายออกมาผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยขั้นตอนที่นักเรียนได้แสดงความเข้าใจหรือสร้างคำอธิบายเบื้องต้นต่อปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้น สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง และขั้นตอนที่นักเรียนได้ค้นหาหลักฐาน สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบหลักฐาน ส่วนขั้นตอนที่ส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลยังสะท้อนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ได้ไม่เด่นชัดมากนัก แม้จะมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้สร้างข้อโต้แย้งหรือขั้นตอนในการอภิปรายโดยใช้เหตุผลประกอบ แต่ยังไม่มีการประเมินว่าเหตุผลที่นักเรียนนำมานั้นถูกต้องและเหมาะสมหรือไม่ และเหตุผลที่นำมานี้เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร โดยจากการศึกษาเพิ่มเติม นักวิจัยและนักการศึกษานิยมนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในงานวิจัยของ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562, น. 68) มีข้อค้นพบว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนยังขาดการอธิบายความสัมพันธ์รของข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน จึงควรเพิ่มขั้นตอนหรือหาเทคนิคการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ เข้ามาร่วมในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ดียิ่งขึ้น และในงานวิจัยของ สุทธิชาติ เปรมกมล (2558, น. 64)

มีข้อค้นพบว่า ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองใช้ระยะเวลาค่อนข้างมาก ควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม เพื่อกระชับเวลา และให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันมากยิ่งขึ้น

1.4.1.2 การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative inquiry learning)

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ในการแก้ปัญหาหรือการสร้างนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ นักเรียนเกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมผ่านการทำงานร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ตลอดจนมีการรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การจัดการเรียนรู้นี้ จึงสามารถพัฒนาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าการให้เรียนรู้เพียงลำพังได้ (Laal & Laal, 2012, p. 491; กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2559, น. 3) การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง มีลักษณะแตกต่างจากการเรียนรู้เป็นกลุ่มแบบทั่วไป 5 ประการ ที่ทำให้ คือ 1) มีการช่วยเหลือและพึ่งพากันและกันจะบรรลุเป้าหมายของกลุ่มที่ต้องไว้ มีการคิดในเชิงบวก และมีความเชื่อมั่นในสมาชิกกลุ่ม 2) มีการช่วยเหลือและส่งเสริมกันการเรียนรู้ซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม มีการอธิบาย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 3) มีการแบ่งหน้าที่รับผิดชอบและสมาชิกต้องรับผิดชอบหน้าที่ของตนเอง 4) มีการส่งเสริมทักษะทางสังคม โดยนักเรียนจะได้รับการส่งเสริมและช่วยเหลือ ความเป็นผู้นำ การตัดสิน การสื่อสาร และทักษะการจัดการกับความขัดแย้ง และ 5) มีการประเมินตนเองเป็นกลุ่ม โดยตั้งเป้าหมายร่วมกัน และระบุแนวทางที่นำไปสู่เป้าหมาย (Laal et al. 2011: 493) ลักษณะสำคัญทั้ง 5 ประการ ถูกนำไปใช้เป็นแนวคิดในการพัฒนาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของนักวิจัยและนักการศึกษาแต่ละท่าน ดังนี้

Chang, Sung, and Lee (2003, p. 58) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ และจัดกระทำข้อมูล โดยเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม แล้วได้นำแนวทางการจัดการเรียนรู้นี้มาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ซึ่งเสนอไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การตั้งหลักและวางแผน (Anchoring and Planning) เป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการทำกิจกรรม นักเรียนจะได้วัสดุอุปกรณ์และใบกิจกรรมประกอบการทำกิจกรรม จากนั้นจึงอ่านใบความรู้ แล้วตั้งข้อสรุปหรือสมมติฐานชั่วคราวในลักษณะของแผนผังมโนทัศน์

2) การสืบเสาะรายบุคคล (Individual inquiry) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้เพื่อทบทวนและปรับแก้แผนผังมโนทัศน์ของตนเองให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

3) การสืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative inquiry) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำการแบ่งปันสิ่งที่สืบค้นได้กันภายในกลุ่ม โดยอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในสถานการณ์ที่กำหนด

4) การสรุปผลลัพธ์ของกลุ่ม (Concluding group's result) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของกลุ่ม มีการสังเกต อภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อปรับแก้แผนผังมโนทัศน์ของกลุ่มให้ถูกต้อง

จากลักษณะสำคัญและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง มีขั้นตอนที่ช่วยพัฒนาความสามารถดังกล่าวให้ดีขึ้นได้ผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม โดยมีขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งสมมติฐานหรือข้อสรุปองค์ความรู้เบื้องต้นของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดให้ ซึ่งสะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง ส่วนในขั้นตอนที่ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลนั้น สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบหลักฐาน อีกทั้งยังมีขั้นตอนในการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน เพื่อพัฒนาคำอธิบายและความเข้าใจของตนเองให้ดียิ่งขึ้น โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลังของ Chang et al. (2003, p. 58) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของ กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2559, น. 3) ที่นำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีข้อค้นพบว่า การจัดการเรียนรู้นี้สามารถส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในภาพรวมให้ดีขึ้นได้ แต่เมื่อพิจารณาแยกองค์ประกอบแล้ว การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบร่วมมือรวมพลัง ยังสะท้อนภาพของการส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลที่ไม่ชัดเจน ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในด้านการให้เหตุผลน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จึงควรเพิ่มขั้นตอนหรือเทคนิคที่ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียนให้ดีขึ้น

เมื่อทำการพิจารณาภาพรวมของแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 รูปแบบ เป็นเพียงกรอบแนวคิดที่แสดงถึงลักษณะสำคัญหรือภาพรวมในการจัดการเรียนรู้เท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการออกแบบขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน เพื่อส่งเสริมให้

นักเรียนเกิดการเรียนรู้หรือแสดงพฤติกรรมตามเป้าหมายที่กำหนด เมื่อพิจารณาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษาเสนอไว้ในแต่ละแนวทางการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่คล้ายคลึงหลายประการ คือ 1) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ ความเข้าใจ และแนวความคิดเบื้องต้นของตนเองในประเด็นที่ศึกษา ซึ่งเปรียบเสมือนการระบุข้อกล่าวอ้าง 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบ รวบรวมข้อมูล ค้นคว้าหาแนวคิด หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาสนับสนุนแนวความคิดหรือข้อสรุปของตนเอง ซึ่งเปรียบเสมือนการหาหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้และอภิปรายในประเด็นที่ศึกษาร่วมกัน จนเกิดการเปลี่ยนแปลงความคิดความเข้าใจไปในแนวทางที่ถูกต้อง

1.4.2 กลุ่มรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบแผนในการดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยสอดคล้องกับทฤษฎี หลักการ และแนวคิดที่เชื่อถือได้ ปรากฏขั้นตอนในการดำเนินการที่ชัดเจน มีการพิสูจน์และทดสอบตามกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับ (ทิศนา แขมมณี, 2554, น. 4) ซึ่งแตกต่างจากแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เป็นเพียงกรอบในการจัดการเรียนรู้ที่ไม่มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1.4.2.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน (5E model)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกนำเสนอโดยนักการศึกษากลุ่ม Biological Science Curriculum Study (BSCS) โดยมีการประยุกต์การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเพื่อพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557b) การนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเข้ามาใช้ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านขั้นตอนต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561, น. 1744; ธนัทพงษ์ วังทะพันธ์, ชลทิพย์ จันทร์จำปา, และวนิดา วอนสวัสดิ์, 2561, น. 347) ในขณะเดียวกันการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์และหาเหตุผลมาประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นจนเกิดเป็นความรู้ ความเข้าใจ และได้ค้นพบแนวทางการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทั้งความรู้และทักษะด้านต่าง ๆ ควบคู่กัน (ธนัทพงษ์ วังทะพันธ์ และคณะ, 2561, น. 347)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557b) เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ (2561, น. 1744) และ ธนัทพงษ์ วังทะพันธ์ และคณะ (2561, น. 347) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในหัวข้อหรือประเด็นที่ศึกษา อาจนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ๆ หรือใช้สถานการณ์ที่เชื่อมโยงกับองค์ความรู้เดิมของนักเรียน

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือตรวจสอบปัญหา ออกแบบการทดลอง สำรวจค้นคว้า จนได้เป็นองค์ความรู้และแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้วิเคราะห์และจัดกลุ่มข้อมูลเพื่อสรุปความรู้ และพัฒนาความเข้าใจของตนเองให้ถูกต้อง มีการนำเสนอข้อมูลหรือสร้างคำอธิบายในประเด็นที่ศึกษา โดยอาศัยหลักฐานและเหตุผลมาประกอบคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้จากขั้นตอนก่อนหน้า ไปสร้างเป็นคำอธิบายในประเด็นใหม่ที่ใกล้เคียงกับประเด็นการเรียนรู้เดิม จนทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น โดยครูอาจยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา อาจใช้การอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพของเชื่อมโยงความรู้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ที่ครูพัฒนาขึ้น มีการตรวจสอบความถูกต้องและความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษา มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน และปรับแก้ความเข้าใจของตนเอง จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่ถูกต้อง

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่ดีขึ้น โดยมีขั้นตอนที่นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างผ่านการทำนายคำตอบของคำถามในขั้นสร้างความสนใจ มีการให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนคำตอบของตนเองผ่านการสำรวจและค้นหา ในขณะเดียวกันยังเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างและนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป จนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษา อย่างไรก็ตาม แม้มีกิจกรรมให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังขาดในส่วนของการประเมินองค์ความรู้

หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ ว่ามีความเชื่อมโยงกับหลักฐานและข้อกล่าวอ้างหรือไม่ มีความสมบูรณ์และความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ในขณะเดียวกัน งานวิจัยของ เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ (2561, น. 1750) ได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน มาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ได้มีข้อค้นพบว่า การที่นักเรียนขาดความเข้าใจในเนื้อหาหรือมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ ไม่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำหลักการหรือแนวคิดที่ถูกต้องมาเป็นเหตุผลเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างได้

1.4.2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสร้างความสนใจ สำรวจตรวจสอบ สร้างแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ (Engage-Investigate-Model-Apply, EIMA model)

การจัดการเรียนรู้แบบ EIMA model ถูกพัฒนาขึ้นโดย Schwarz and Gwekwerere (2007) โดยประยุกต์มาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน โดยเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ ความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และช่วยพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนผ่านการสร้างแบบจำลองทางความคิด มีกระบวนการที่ให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ และสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น จนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง (Lederman & Abell, 2014, p. 384; Schwarz & Gwekwerere, 2007, p. 160; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี และคณะ, 2561, น. 226)

Schwarz and Gwekwerere (2007, p. 160) Lederman and Abell (2014, p. 384) และ สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี และคณะ (2561, น. 226) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วย EIMA model มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการตั้งคำถามหรือระบุประเด็นปัญหาที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา โดยเน้นประเด็นที่น่าสนใจและนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ (Investigate) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ร่วมกับตั้งสมมติฐานของประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น จากนั้นทำการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลผ่านการสังเกต การทำการทดลอง หรือการศึกษาค้นคว้า

3) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Model) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองทางความคิด และสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้า

4) ขั้นประยุกต์ความรู้ (Apply) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ EIMA model ช่วยให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองทางความคิด ที่ให้นักเรียนได้ระบุคำตอบหรือทำการตั้งสมมติฐานของการทดลองตามความคิดความเข้าใจของตนเอง ซึ่งเปรียบเสมือนกับขั้นตอนในการระบุข้อกล่าวอ้าง มีขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำการทดลอง สังเกต บันทึกผล และทำการค้นคว้าข้อมูล ซึ่งเปรียบเสมือนขั้นตอนในการส่งเสริมองค์ประกอบของหลักฐาน และให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายดังกล่าวโดยใช้หลักฐานที่รวบรวมได้มาใช้ในการสนับสนุน อย่างไรก็ตาม รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ EIMA model มุ่งเน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ค้นหาหลักฐานด้วยวิธีการต่าง ๆ มาประกอบการอธิบายแบบจำลองทางความคิดของตนเองสร้างขึ้น และยังสะท้อนกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อเป็นเหตุผลประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ชัดเจน อาจมีการเพิ่มกิจกรรมการอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพิ่มขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ฝึกฝนการระบุเหตุผล หรือเพิ่มเทคนิคที่สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลของนักเรียน เพื่อให้สามารถส่งเสริมความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและองค์ประกอบย่อยได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

1.4.2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบการคิดแบบจำลอง การสังเกต การสะท้อนผล การอธิบาย (Model-Observe-Reflect-Explain Thinking Frame, MORE Thinking Frame)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MORE Thinking Frame เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสำรวจ ค้นหา และสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการทำการทดลอง ซึ่งช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและมีความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Carillo, Lee, & Rickey, 2005, p. 61) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ MORE Thinking Frame เป็นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของการใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการสร้างแบบจำลอง ได้วิเคราะห์ และแก้ไขแนวคิดของตนเองโดยใช้หลักฐานที่ค้นพบและสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์นั้น ๆ (Carillo et al., 2005, p. 61; จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ, 2558, น. 241)

Carillo et al. (2005, p. 61) และ จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ (2558, น. 241) กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้ MORE Thinking Frame ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลอง (Model) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้การสร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อเป็นตัวแทนความรู้ ความเข้าใจ หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่สะท้อนความเข้าใจเบื้องต้นและการคาดคะเนปรากฏการณ์ที่ศึกษา มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และอภิปรายความเข้าใจของตนเองกับเพื่อนในชั้นเรียน

2) ขั้นสังเกต (Observer) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้วางแผนในการหาคำตอบในประเด็นที่ศึกษา มีการสืบค้นข้อมูล หรือสังเกตผล เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นประเด็นศึกษา

3) ขั้นสะท้อนแนวคิด (Reflect) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สะท้อนผลจากการสังเกต โดยแสดงให้เห็นถึงจุดมุ่งหมายของการทดลอง วิธีการทำการทดลอง ตลอดจนความเชื่องโยงระหว่างข้อมูลที่ได้จากการสังเกตกับแบบจำลองเบื้องต้นที่สร้างขึ้น จากนั้นนักเรียนจะได้นำเสนอแนวคิดและข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แล้วนำองค์ความรู้ที่ได้มาแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้นของตนเอง

4) ขั้นสร้างคำอธิบาย (Explain) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้น ในการสร้างคำอธิบายนั้นจะต้องประกอบด้วยการลงข้อสรุปที่สนับสนุนด้วยหลักฐานที่สามารถสังเกตได้ และมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปที่กล่าวไว้ จากนั้นทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นกับเพื่อนในชั้นเรียน โดยเน้นย้ำให้นักเรียนพิจารณาว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นใหม่มีความแตกต่างแบบจำลองก่อนหน้าหรือไม่ อย่างไร และเกิดการเปลี่ยนแปลงแนวความคิดในเนื้อหาของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นี้มากน้อยเพียงใด

ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MORE Thinking Frame นักเรียนจะได้สร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่อสะท้อนความเข้าใจของตนเองและสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของตนเองต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา ได้ฝึกฝนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการค้นคว้าข้อมูลหรือหลักฐาน เพื่อนำมาสนับสนุนแบบจำลองทางความคิดที่เปรียบเสมือนกับข้อกล่าวอ้างที่ตนเองสร้างขึ้น ในงานวิจัยของ จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ (2558, น. 105) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MORE Thinking Frame มาส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีข้อค้นพบว่า ควรจัดกิจกรรมที่ให้

นักเรียนได้ประเมินและเปรียบเทียบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองกับเพื่อนร่วมห้องเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลบางอย่างที่สามารถพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และพบว่านักเรียนมีคะแนนการให้เหตุผลที่น้อยกว่าองค์ประกอบอื่น นักเรียนคนใดที่ไม่สามารถระบุหลักฐานหรือข้อกล่าวอ้างได้ ทำให้ไม่สามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายได้ นักเรียนบางคนสามารถระบุเหตุผลได้แต่ไม่เหมาะสมต่อการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง จึงควรเพื่อเทคนิคการจัดการเรียนรู้บางอย่างที่ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลได้ดียิ่งขึ้น และในงานวิจัยของ Carillo et al. (2005, p. 62) ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ MORE Thinking Frame มาส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีข้อค้นพบว่า ควรให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันทุกกิจกรรม และให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโดยอาศัยหลักฐานจากการสำรวจตรวจสอบ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบนี้ต้องใช้ระยะเวลามากในการทำกิจกรรมแต่ละขั้น ห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก จะทำให้การแสดงความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้ได้ไม่ทั่วถึง

1.4.2.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การทำนาย สังเกต อธิบาย อย่างมีขั้นตอน (Predict-Observe-Explain sequence, POE sequence)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ POE sequences เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา ช่วยให้นักเรียนได้มีองค์ความรู้ที่และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีกับองค์ความรู้อื่น เพื่อสร้างเป็นคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ (National science teachers association, 2013, p. 9) กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2559, น. 222) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ POE sequence ถูกพัฒนาขึ้นโดย Haysom and Bowen เมื่อปี ค.ศ. 2010 ที่พัฒนาต่อเนื่องมาจากเทคนิคการทำนาย การสังเกต การอธิบาย (Predict-Observe-Explain, POE) ของ Gunstone and White เมื่อปี ค.ศ. 1981 โดยพัฒนาให้มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้สะดวกยิ่งขึ้น

National science teachers association (2013, p. 10) และ กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2559, น. 222) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ POE sequences ว่าประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างแรงจูงใจ (Orientation and motivation) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนด้วยการใช้คำถามที่เชื่อมโยงไปสู่การทำการทดลอง

2) ขั้นนำเข้าสู่การทดลอง (Introducing the experiment) เป็นขั้นตอนที่ครูชี้แจงกิจกรรมหรือสร้างความสนใจในการทำการทดลองตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

3) ขั้นทำนาย (Prediction) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการทำนายผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นโดยอาศัยความคิดและความเข้าใจของตนเอง มีการตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทำนายผลการทดลองเบื้องต้น พร้อมให้เหตุผลประกอบ

4) การอภิปรายคำทำนาย (Discussing their predictions) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิด ความเข้าใจ และเหตุผลประกอบคำทำนายของตนเองกับเพื่อนร่วมชั้นเรียน และลงข้อสรุปร่วมกันเกี่ยวกับแนวความคิดหรือคำทำนายที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด

5) ขั้นสังเกต (Observation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตัวเอง และทำการสังเกตผลการทดลองที่เกิดขึ้น พร้อมบันทึกผลการสังเกตลงในใบกิจกรรม

6) ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะมีการจัดระบบความคิดของตนเองใหม่ ผ่านการพูดคุยแลกเปลี่ยนคำอธิบายกับเพื่อนในกลุ่ม โดยอาศัยหลักฐานที่รวบรวมและสังเกตได้จากการทำการทดลอง

7) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนปรับปรุงและเขียนคำอธิบายของตนเองให้เป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น และนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นไปแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน

8) ขั้นติดตามผล (Follow-up) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ต่อไป

นักเรียนที่เรียนรู้ด้วย POE sequences จะได้ฝึกฝนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่าน 3 องค์ประกอบ โดยฝึกฝนองค์ประกอบในการระบุข้อกล่าวอ้าง ผ่านการทำนายผลการทดลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น ฝึกฝนองค์ประกอบในการค้นหาหลักฐาน ผ่านการทำการทดลอง การสังเกต และการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลอง และฝึกฝนการให้เหตุผลโดยอาศัยองค์ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยของ กรกนก เลิศเดชาภัทร

และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2559, น. 234) ที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาเคมี มีข้อค้นพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไม่เหมาะสมกับเนื้อหาที่มีลักษณะเชิงบรรยายเกี่ยวกับการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ในอดีต เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่ไม่เอื้อต่อการค้นหาเหตุผลมาสนับสนุนคำอธิบาย ทำให้คะแนนการให้เหตุผลน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งครูควรนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ไปใช้กับเนื้อหาที่มีประเด็นในการอภิปรายโต้แย้ง เพื่อให้นักเรียนพยายามหาเหตุผลมาสนับสนุนแนวความคิดของตนเองได้

1.4.2.5 การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่เน้นการอธิบาย (Explanation-oriented lesson model)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่เน้นการอธิบาย เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Nawani et al. (2019) โดยมีพื้นฐานจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง จากปัญหาที่ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรในประเทศของคณะผู้วิจัยมีมากมาย แต่ยังไม่มีแนวทางการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาของแต่ละรายวิชาที่ชัดเจน คณะผู้วิจัยจึงพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอนได้นำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

Nawani et al. (2019, p. 4) กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบบทเรียนที่เน้นการอธิบายว่าประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเสนอกิจกรรมสร้างความสนใจ (Presenting a hooking activity) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอประเด็นที่น่าสนใจเพื่อนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ มีการทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน และเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ในประเด็นที่ศึกษา โดยสิ่งที่นำเสนอเพื่อสร้างความสนใจให้กับนักเรียน อาจเป็นปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ประเด็นที่กำลังขัดแย้ง การทดลอง หรือวิดีทัศน์ต่าง ๆ

2) ขั้นสร้างคำถามในรูปแบบ “อย่างไร” หรือ “ทำไม” (Formulating a how-why type question) เป็นขั้นตอนครูกล่าวถึงประเด็นที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีการใช้คำถามที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้มีการสร้างคำอธิบายในเชิงสาเหตุ และแสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นในประเด็นที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา โดยเฉพาะการใช้คำถามที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า “อย่างไร” และ “ทำไม”

3) ขั้นสร้างเรื่องราวเชิงสาเหตุเบื้องต้น (Constructing the initial causal story) เป็นขั้นตอนที่ครูมีตรวจสอบความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนต่อปรากฏการณ์ที่นำมาเป็นประเด็นในการศึกษา โดยสังเกตจากการอธิบายเรื่องราว ซึ่งเปรียบเสมือนกับเป็นคำตอบของนักเรียนจากคำถามในขั้นตอนก่อนหน้า และให้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองกับเพื่อนในห้อง

4) ขั้นใช้ข้อมูลจริง ความจริงทางวิทยาศาสตร์ หลักการ และแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ในการปรับแก้เรื่องราวเชิงสาเหตุ (Using authentic data, scientific facts, principles, and disciplinary core ideas to revise-refine the causal story) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเรียนได้ค้นคว้าข้อมูลหลักฐานมาสนับสนุนเรื่องราวที่ตนเองสร้างขึ้น โดยครูมีการใช้คำถาม ให้นักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้หลักฐานต่าง ๆ กับเพื่อนร่วมชั้น

5) ขั้นอภิปรายและปรับแก้คำอธิบายโดยการเขียน (Discussing-writing the refined causal story) เป็นขั้นตอนนักเรียนได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นกับเพื่อนร่วมห้อง และเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง และมีการให้เหตุผลโดยใช้ข้อเท็จจริง แนวคิด หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา

6) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ (Applying the causal-mechanistic knowledge in a new context or problem scenario) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอน ไปสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถาณการณ์เดิม

รูปแบบบทเรียนที่เน้นการอธิบายเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นให้ครูผู้สอนตั้งคำถามที่ชี้นำให้นักเรียนเกิดการสร้างคำอธิบายของประเด็นที่ศึกษาในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ และมีการทำกิจกรรมเพื่อรวบรวมข้อมูลหลักฐานมาปรับแก้คำอธิบายของตนเองให้มีความถูกต้องและมีความเป็นเหตุเป็นผลมากยิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากช่วยฝึกฝนความสามารถดังกล่าวแล้ว ยังส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบบทเรียนที่เน้นการอธิบาย ยังมีความซ้ำซ้อนในเรื่องของการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในบางขั้นตอน ทั้งในขั้นตอนสร้างเรื่องราวเชิงสาเหตุเบื้องต้น ขั้นใช้ข้อมูลจริง ความจริงทางวิทยาศาสตร์ หลักการ และแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ในการปรับแก้เรื่องราวเชิงสาเหตุ และขั้นอภิปรายและปรับแก้คำอธิบายโดยการเขียน ซึ่งทำให้นักเรียนต้องเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และอภิปรายหลายครั้ง

1.4.2.6 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ (Process oriented guided inquiry learning model)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีสืบเสาะหาความรู้ (Aldresti et al., 2018) การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ มีการปรับเปลี่ยนจากการจัดการเรียนรูปแบบเดิมที่มีครูเป็นศูนย์กลางมาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบใหม่ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางมากขึ้น โดยการให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการเรียนรู้ ทัศนคติ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น (Hanson, 2007, p. 2 ; กัลยา ภูทัตโต, 2560, น. 269) ขณะเดียวกันรูปแบบการจัดการเรียนรู้นี้ ยังช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในสิ่งที่ได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย (Aldresti et al., 2018)

Hanson (2007, p. 1) และ Aldresti et al. (2018) กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการว่าประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Orientation) เป็นขั้นตอนในการเตรียมความพร้อมของนักเรียน โดยครูมีหน้าที่สร้างความสนใจให้กับนักเรียนโดยใช้วิธีการหรือสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ มีการบอกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ คำศัพท์ต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้

2) ขั้นสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นตอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการสังเกต ออกแบบการทดลอง รวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในประเด็นที่ศึกษา จากการทำกิจกรรมหรือการทดลองที่ครูจัดขึ้น

3) ขั้นการสร้างแนวคิด (Concept Formation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่ได้จากขั้นตอนการสำรวจ และมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่รวบรวมได้จนเกิดเป็นองค์ความรู้หรือข้อสรุปของตนเอง ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ของเรื่องที่ศึกษามากขึ้น

4) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Application) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียน ไปหาคำตอบหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม อาจมีการประยุกต์ใช้ในการทำแบบฝึกหัด ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนได้เป็นอย่างดี

5) ขั้นปิดการอภิปราย (Closure) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนสรุปองค์ความรู้และสะท้อนออกมาผ่านการตั้งคำถามของครู ในขณะเดียวกันนักเรียนจะต้องมีการประเมินผลการเรียนรู้ของตนเอง และอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกับเพื่อนร่วมห้อง

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ มีขั้นตอนช่วยเสริมเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยในขั้นสำรวจ นักเรียนจะได้ค้นหาข้อมูลหลักฐานมาสนับสนุนคำอธิบายที่สร้างขึ้น และในขั้นสร้างแนวคิด นักเรียนจะได้คิดวิเคราะห์และสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสร้างเป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนที่นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือนำหลักฐานและเหตุผลที่รวบรวมได้มาประกอบเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์นั้นยังปรากฏออกมาไม่เด่นชัด อาจเพิ่มขึ้นตอนที่ให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างผ่านการทำนายคำตอบของประเด็นที่ใช้ในการศึกษา เพิ่มกิจกรรมการประเมินความเหมาะสมของเหตุผลที่นำมาใช้ และเพิ่มเทคนิคการเรียนรู้ต่าง ๆ เข้ามาเพื่อให้นักเรียนได้นำองค์ประกอบต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากการจัดการเรียนรู้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ครบทุกองค์ประกอบ

1.4.2.7 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง (Argument-driven inquiry)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง เป็นการผสานแนวคิดในการโต้แย้งเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ จนสามารถช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี การโต้แย้งเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการคิดวิเคราะห์และสร้างองค์ความรู้ผ่านการปฏิบัติจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาหลักฐาน เพื่อมาสนับสนุนคำอธิบายในการโต้แย้งของตนเอง (Sampson, Grooms, & Walker, 2009, p. 42; ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562, น. 133; สันติชัย อนุวรชัย, 2557, น. 62; อรยา ใจแจ่ม, 2557, น. 3) นอกจากนี้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง ยังช่วยให้นักเรียนมีการให้เหตุผลที่เหมาะสมอีกด้วย

Sampson et al. (2009, p. 43) กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้งว่ามี 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดประเด็นศึกษา (Identification of a task) เป็นขั้นตอนแรกที่ครูมีการตั้งคำถามที่นำไปสู่การค้นคว้าในประเด็นการเรียนรู้นั้น ๆ โดยครูจะต้องมี

การเชื่อมโยงความรู้ในสิ่งที่นักเรียนมีประสบการณ์หรือได้เรียนรู้มาแล้วเข้ากับสิ่งใหม่ที่นำมาใช้เป็นประเด็นศึกษา

2) การทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and analysis of data) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือศึกษาค้นคว้าและสำรวจตรวจสอบเป็นกลุ่มย่อย โดยครูมีการใช้คำถามเพื่อชี้นำให้นักเรียนค้นคว้าหาข้อมูลได้ดียิ่งขึ้น

3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of tentative argument) เป็นขั้นตอนที่แต่ละกลุ่มนำข้อมูลหรือหลักฐานที่ได้จากการขั้นตอนก่อนหน้ามาวิเคราะห์และสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของประเด็นที่ศึกษา โดยช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้การสร้างคำอธิบายโดยมีหลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ ได้ตัดสินใจว่าหลักฐานใดเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้อง จนนำไปสู่การลงข้อสรุปที่เหมาะสมต่อประเด็นที่ศึกษา

4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation session) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนทำกิจกรรมโต้แย้งในประเด็นที่กำหนดขึ้น ภายใต้หลักฐาน หลักการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผล ซึ่งในขั้นตอนนี้ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการแลกเปลี่ยนทางความคิด มีการวิเคราะห์ ตัดสิน และสร้างคำอธิบายหรือข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ จนทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากขึ้น

5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Investigation report) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนเขียนรายงานผลจากการโต้แย้งของตนเอง ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการบูรณาการทางความคิด และถ่ายทอดสิ่งที่อ่านและความเข้าใจผ่านการเขียน

6) การอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ (Double-blind peer review) เป็นขั้นตอนที่ครูให้นักเรียนแต่ละคนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในลักษณะ Double-blind peer review ที่ผู้พิจารณาผลงานจะไม่ทราบว่าเป็นงานเขียนของใคร และผู้เขียนจะไม่ทราบชื่อของผู้พิจารณาเช่นกัน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เห็นตัวอย่างการเขียนของเพื่อนและเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของตนเองกับเพื่อน จนนำไปสู่การพัฒนางานของตนเอง

7) การทบทวนผลการสำรวจตรวจสอบ (Revision of the report) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ทบทวนผลงานของตนเอง ภายหลังการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนว่าจะต้องศึกษาหรือค้นคว้าในส่วนใดเพิ่มเติม ซึ่งช่วยพัฒนาการเขียนและความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนมากขึ้น

8) การอภิปรายและสะท้อนผล (Explicit and reflective discussion) เป็นขั้นตอนที่ครูและนักเรียนสะท้อนผลการเรียนรู้ร่วมกันในเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้ และครูมีการสรุปเนื้อหาให้นักเรียนได้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง มีหลายขั้นตอนที่สะท้อนถึงการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ โดยมีการส่งเสริมองค์ประกอบข้อกล่างอ้างผ่านการระบุแนวคิดหรือคำตอบตามความเข้าใจของตนเองต่อประเด็นที่นำมาโต้แย้ง ส่งเสริมองค์ประกอบของหลักฐานผ่านการสืบค้นความรู้เพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตนเองต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาเป็นประเด็นในการโต้แย้ง และเป็นพื้นฐานความรู้ที่นำไปประกอบการให้เหตุผลของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น อีกทั้งยังมีขั้นตอนในการอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเองอีกด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้งจะต้องมีประเด็นในการโต้แย้งที่น่าสนใจ สามารถสร้างข้อโต้แย้งได้อย่างหลากหลาย และมีคำตอบที่ไม่ตายตัว อย่างไรก็ตาม จัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้งต้องใช้ระยะเวลาที่มาก ห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมากจะทำให้การแสดงความคิดเห็นไม่ทั่วถึง ในขณะเดียวกันหากมีระยะเวลาไม่เพียงพอต่อการสืบค้นและการหาข้อมูลมาประกอบแนวคิดของตนเอง จะทำให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นนั้นไม่สมบูรณ์ (ธัญกมล ศักดิ์สูง, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์, 2562, น. 249)

1.4.2.8 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้พื้นฐาน (Common knowledge construction model)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้พื้นฐาน พัฒนาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้เพื่ออธิบายสิ่งที่นักเรียนกำลังศึกษา แล้วขยายความรู้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติ (Bakırcı, Çalık, & Çepni, 2017, p. 44; อนงรัตน์ แก้วบำรุง, 2554, น. 42) รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีได้สร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น มีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (อนงรัตน์ แก้วบำรุง, 2554, น. 54)

Bakırcı et al. (2017, p. 44) และ อนงรัตน์ แก้วบำรุง (2554, น. 54) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นค้นหา (Exploring) และจัดกลุ่มข้อมูล (Categorizing) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงสู่ประเด็นปัญหา ส่วนนักเรียนอธิบายหรือสังเกตสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นเพื่อทบทวนความรู้เดิม ในขณะเดียวกันครูจะรวบรวมและจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียน เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของแนวคิด และเป็นแนวทางในการตั้งสมติฐานของนักเรียนต่อไป

2) ขั้นสร้างความรู้ (Constructing) และการเจรจาหาข้อสรุป (Negotiating) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการตั้งสมมติฐานและวางแผนการทดลอง แล้วจึงทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน จากนั้นจึงอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน แล้วนำมาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของเรื่องนั้น ๆ

3) ขั้นขยายความรู้ (Extending) และการนำไปใช้ (Translating) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอเหตุการณ์ที่ซับซ้อนที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน แล้วนำคำอธิบายก่อนหน้าไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่กำหนดขึ้นใหม่ จากนั้นครูจะเป็นผู้ตรวจสอบคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นและแนะนำในกรณีที่ไม่ถูกต้อง

4) ขั้นสะท้อนคิด (Reflecting) และประเมินผล (Assessing) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการสะท้อนคิดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ผ่านใบกิจกรรม หรือการทดสอบต่าง ๆ จากนั้นจึงสะท้อนผลการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ทราบ

รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นได้อภิปราย ได้สร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา และสามารถประยุกต์ใช้คำอธิบายที่สร้างได้จากการสังเกตการทดลอง ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกัน ในงานวิจัยของ อนงรัตน์ แก้วบำรุง (2554, น. 95) มีข้อค้นพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น หากนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจหรือมีแนวคิดที่ถูกต้อง จะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดีและช่วยให้นักเรียนให้เหตุผลได้ดีขึ้นด้วย

เมื่อทำการพิจารณาภาพรวมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนแล้ว พบว่า มีขั้นตอนและลำดับของขั้นตอนที่คล้ายคลึงหลายประการ คือ 1) มีขั้นตอนที่นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ที่น่าสนใจมากระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิด และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นออกมาผ่านการระบุข้อกล่าวอ้าง 2) มีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) มีขั้นตอนที่นักเรียนได้

แลกเปลี่ยนเรียนรู้ อธิบายความคิดความเข้าใจ และสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา โดยใช้แผนภาพ แผนผัง หรือแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น และ 4) มีการสรุปและเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปสู่การอธิบายความรู้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม

1.4.3 เทคนิคการจัดการเรียนรู้

เทคนิคการจัดการเรียนรู้ เป็นกลวิธีที่สอดแทรกเข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามปกติ เพื่อช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2557, น. 11) นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำเทคนิคต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1.4.3.1 กรอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (Claim-Evidence-Reasoning framework, CER framework)

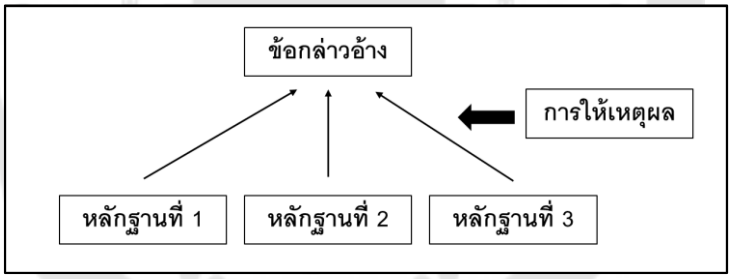
CER framework เป็นเทคนิคที่ช่วยชี้นำให้นักเรียนสามารถเขียนข้อโต้แย้งหรือสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของการเสริมต่อความรู้ (Scaffolding) ผ่านการเขียนข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (Allen & Rogers, 2015, p. 33; Limberg, 2016, p. 19) ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ผ่านใน CER framework สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ได้ (McNeill, 2012, p. 21; Traut, 2017, p. 3) โดยเมื่อนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วย CER framework นักเรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ จนนำไปสู่การมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในปรากฏการณ์นั้น ๆ (Traut, 2017, p. 3) ในขณะเดียวกัน CER framework ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูล และช่วยให้สามารถเชื่อมโยงประสบการณ์กับสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้เป็นอย่างดี (Meacham, 2017)

CER framework ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ โดยในแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นข้อความที่แสดงถึงคำตอบหรือข้อสรุปของคำถามหรือปัญหาของสถานการณ์ ตามความเข้าใจของนักเรียนต่อปรากฏการณ์หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนต่อข้อคำถามนั้น (Allen & Rogers, 2015, p. 35; Limberg, 2016, p. 19; McNeill, 2012, p. 22; Meacham, 2017)

2) หลักฐาน เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ในขณะเดียวกันหลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น จะต้องมีความเพียงพอและเหมาะสม (Allen & Rogers, 2015, p. 35; McNeill, 2012, p. 22; Meacham, 2017) โดยคำว่า “เพียงพอ” หมายถึง การที่นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ มาใช้เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างครบถ้วน ตัวอย่างเช่น หากข้อกล่าวอ้างนั้นต้องใช้หลักฐาน 5 ชิ้นมาประกอบ แต่การที่นักเรียนแสดงเพียง 1 ชิ้น ถือว่านักเรียนแสดงหลักฐานได้ไม่เพียงพอ ส่วนคำว่า “เหมาะสม” หมายถึง การที่นักเรียนมีการยกหลักฐานที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างมาสนับสนุน หากข้อกล่าวอ้างนั้นต้องใช้หลักฐาน 5 ชิ้น แต่นักเรียนแสดงหลักฐานชิ้นอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ต้องนำมาพิจารณา ถือว่านักเรียนแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม (McNeill, 2012, p. 23; Meacham, 2017)

3) การให้เหตุผล เป็นสิ่งที่เชื่อมโยงและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างเข้าด้วยกันโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ (McNeill, 2012, p. 24; Meacham, 2017)



ภาพประกอบ 2 CER framework

ที่ ม า : McNeill, K. L. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: the claim, evidence, and reasoning framework for talk and writing.* Boston: Pearson.

ในประเทศไทยยังไม่มีการนำ CER framework เข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียน แต่ในต่างประเทศมีการใช้เทคนิคนี้กันอย่างแพร่หลาย โดยการแทรกเข้าไปในการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ สำหรับนักเรียนทั้งในระดับชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยเมื่อทำการวิเคราะห์แล้วพบว่า CER framework เป็นกรอบที่ส่งเสริมให้สามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุก

องค์ประกอบ อีกทั้งยังช่วยฝึกฝนกระบวนการระบุข้อกล่าวอ้าง กระบวนการค้นหาหลักฐาน และกระบวนการให้เหตุผล จนสามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.4.3.2 กรอบหลักฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Premise-Reasoning-Outcome, PRO framework)

PRO framework เป็นเทคนิคที่พัฒนาขึ้นโดย Tang (2016) เพื่อใช้เป็นกรอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในกรณีที่คำอธิบายนั้น ไม่ได้ถูกสนับสนุนด้วยหลักฐานที่ได้มาจากการทดลองในลักษณะเดียวกับการใช้ CER framework แต่เป็นหลักฐานที่ได้มาจากการสืบเสาะหรือค้นคว้าในเชิงทฤษฎีที่ไม่สามารถทำการทดลองเพื่อพิสูจน์หรือปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนได้ โดย PRO framework เป็นกรอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อลดข้อจำกัดของ CER framework ที่เหมาะสมต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่เน้นให้นักเรียนค้นหาหลักฐานจากการทดลอง ให้สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขึ้นได้

Tang (2016, p. 1424) กล่าวว่า PRO framework เปรียบเสมือนเครื่องมือที่นำมาใช้เป็นกรอบในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเครื่องมือนี้ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ หลักฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ โดยแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1) หลักฐาน เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการอธิบาย ซึ่งรวบรวมได้จากแนวคิด ทฤษฎี หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่ได้รับการยอมรับ และมีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา

2) การให้เหตุผล เป็นการอธิบายสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ซึ่งการให้เหตุผลจะเชื่อมโยงไปสู่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเป็นลำดับต่อไป

3) ผลลัพธ์ เป็นบทสรุปหรือคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการนำองค์ประกอบหลักฐานและการให้เหตุผลมาสนับสนุน

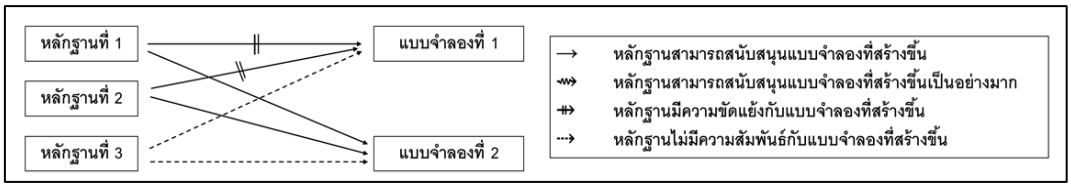
PRO framework สามารถช่วยชี้นำให้นักเรียนสามารถเขียนคำอธิบายผ่านองค์ประกอบหลักฐานและการให้เหตุผลที่ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารที่น่าเชื่อถือ และมาผสานกันเป็นผลลัพธ์หรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ครูนำมาใช้เป็นประเด็นศึกษา จนมีความสามารถดังกล่าวที่ดีขึ้น ในขณะเดียวกัน งานวิจัยของ Tang (2016, p. 1437) ที่นำ PRO framework ไปใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ในรายวิชาเคมีและฟิสิกส์ มีข้อค้นพบว่า การเริ่มต้นให้นักเรียนได้ค้นหา

หลักฐานผ่านการศึกษาองค์ความรู้และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จากนั้นมีการหาเหตุและผลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถาม แล้วนำข้อมูล ทฤษฎี องค์ความรู้ ตลอดจนเหตุผลต่าง ๆ มาสร้างเป็นผลลัพธ์ในลักษณะของคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษานั้น ช่วยให้นักเรียนสร้างคำอธิบายได้อย่างถูกต้อง มากกว่าการเริ่มต้นให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างก่อน แล้วค่อยค้นหาหลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุน

1.4.3.3 **แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง** (Model-evidence link diagram)

แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง เป็นเทคนิคที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยนักเรียนจะได้วิเคราะห์ความเชื่อมโยงของหลักฐานกับแบบจำลองที่เปรียบเสมือนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น (Lombardi et al., 2013, p. 51; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 68) แผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างจนเกิดเป็นการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้น (พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 68)

Lombardi et al. (2013, p. 51) ได้พัฒนาแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองขึ้นมา โดยเป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนได้เขียนเครื่องหมายลูกศรเพื่อบ่งบอกว่าหลักฐานแต่ละชิ้นกับแบบจำลองหรือข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร โดยเครื่องหมายลูกศรที่ใช้มี 4 รูปแบบ คือ 1) ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนแบบจำลองที่สร้างขึ้น 2) ลูกศรหางโค้ง (⇝) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนแบบจำลองที่สร้างขึ้นเป็นอย่างมาก 3) ลูกศรมีขีดทับ (⇸) หมายถึง หลักฐานมีความขัดแย้งกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น และ 4) ลูกศรเส้นปรุ (⇢) หมายถึง หลักฐานไม่มีความสัมพันธ์กับแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยภายหลังการใช้แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง นักเรียนจะได้เขียนอธิบายเหตุผลประกอบการเลือกใช้เครื่องหมายลูกศรแต่ละอันว่า เพราะเหตุใดหลักฐานชิ้นนี้จึง สนับสนุน หรือ สนับสนุนเป็นอย่างมาก หรือ ขัดแย้ง หรือ ไม่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่สร้างขึ้น ถือเป็นการฝึกฝนการให้เหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

ที่ ม า : Lombardi, D., Sibley, B., & Carroll, K. (2013). What's the Alternative? Using Model-Evidence Link Diagrams to Weigh Alternative Models in Argumentation. *The Science Teacher, 080*, 36-41.

แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างของนักเรียนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีการพิจารณาความสัมพันธ์ของหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง ประกอบกับเหตุผลในการพิจารณา ซึ่งถือเป็นการฝึกฝนความสามารถดังกล่าวของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ในงานวิจัยของ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562, p. 80) ที่นำแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองของ Lombardi et al. (2013, p. 51) มาใช้กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาเคมี มีข้อค้นพบว่า แผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาหลักฐานที่นำมาว่าสอดคล้องกับแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้นหรือไม่ ซึ่งช่วยให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นถูกสนับสนุนด้วยหลักฐานที่ถูกต้องเหมาะสม ในขณะเดียวกัน ยังช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลที่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นได้เป็นอย่างดี จนทำให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น

1.4.3.4 **การเขียนทางวิทยาศาสตร์** (Science Writing Heuristic)

การเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการทำการทดลอง โดยนักเรียนจะต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทำการทดลอง มีการหาข้อมูล หลักฐาน และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นข้อสนับสนุนอย่างถูกต้องและเหมาะสม มีกระบวนการอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการมากยิ่งขึ้น (เตชทัต เรืองธรรม, 2559, น. 1) การเขียนทางวิทยาศาสตร์ ยังเป็นเทคนิคที่ช่วยส่งเสริมเกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Greenbowe, Rudd, & Hand, 2007, p. 2007; Kingir, Geban, & Gunel, 2013, p. 1647) ในขณะเดียวกันยังช่วยให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบร่วมมือ และช่วย

ให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการเขียนได้อีกด้วย (Cronje, Murray, Rohlinger, & Wellnitz, 2013, p. 4; Kingir et al., 2013, p. 1647)

Burke, Greenbowe, and Hand (2006, p. 1033) และ เตชทัต เรืองธรรม (2559, น. 8) กล่าวว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ ในการทำการทดลอง ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1) การตั้งคำถาม (Beginning question) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหาก่อนลงมือปฏิบัติ

2) การทดสอบ (Testing) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันออกแบบและกำหนดขั้นตอนการทดลองเป็นกลุ่ม และกำหนดข้อมูลที่ต้องบันทึกลงในตาราง

3) การสังเกต (Observing) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันสังเกตผลการทดลอง และจดบันทึกลงในตารางบันทึกผลที่ออกแบบไว้

4) การระบุข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันลงข้อสรุปเบื้องต้นเกี่ยวกับการทดลองที่ได้ปฏิบัติ

5) การหาหลักฐาน (Evidence) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ร่วมกันค้นหาข้อมูล หลักฐาน หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น

6) การอ่าน (Reading) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับกลุ่มเพื่อน แล้วค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

7) การสะท้อนคิด (Reflecting) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ทั้งภานในและระหว่างกลุ่ม

8) การเขียน (Writing) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจโดยใช้พื้นฐานของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยเปรียบเทียบกับรูปแบบรายงานผลการทดลองแบบปกติ

การเขียนทางวิทยาศาสตร์ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นผ่านการทำการทดลอง การทดสอบ และการสังเกต เพื่อนำมาสรุปเป็นข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่กำลังศึกษา ในขณะเดียวกันยังมีขั้นตอนในการอ่านเพื่อสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบการให้เหตุผล และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อเพื่อทบทวนแนวความคิดของตนเอง อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ถูกออกแบบมาสำหรับการจัดการเรียนรู้ที่มีการทำการทดลอง ที่สามารถสังเกต

การเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ศึกษาได้อย่างชัดเจน ไม่เหมาะสมกับรายวิชาที่ไม่เน้นการทดลองหรือการทำการทดลองที่สังเกตผลได้ยาก

1.4.3.5 การใช้สื่อโฆษณา (Advertising as learning management)

การใช้สื่อโฆษณา เป็นเทคนิคที่มีแนวคิดในการนำสื่อโฆษณาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้เข้ามาร่วมในการเรียนการรู้ ซึ่งการใช้สื่อโฆษณานั้นสามารถสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้ และสะท้อนให้เห็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ในสังคม และความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (Belova & Eilks, 2015, p. 538; พุทธริธร บูรณสถิตวงศ์, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม, 2562, น. 215)

Belova and Eilks (2015, p. 538) มีแนวคิดในการใช้สื่อโฆษณามาเป็นเทคนิคในการจัดการเรียนรู้ โดยได้เสนอขั้นตอนไว้ 8 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นกระตุ้นความรู้เดิม (Activation of prior knowledge) เป็นขั้นที่ครูนำสื่อโฆษณามากระตุ้นการเรียนรู้และเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของนักเรียน

2) ขั้นสะท้อนคำโฆษณา (Reflection on authentic advertising slogans) เป็นขั้นที่นักเรียนวิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในสื่อโฆษณานั้น ๆ

3) ขั้นนำเข้าสู่ประเด็น (Introduction to the issue) เป็นขั้นตอนที่ครูมีการสร้างคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย

4) ขั้นนำเข้าสู่เนื้อหา (Introduction to subject matter learning) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประกอบคำอธิบาย

5) ขั้นนำเข้าสู่การประเมินความเสี่ยง (Introduction to risk assessment) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ประเมินโฆษณาและสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

6) ขั้นสร้างชิ้นงาน (Creation) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างชิ้นงานโดยมีสื่อโฆษณาเป็นประเด็นในการสร้างและถ่ายทอดความรู้

7) ขั้นนำเสนอชิ้นงาน (Advertising the students' own product) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนมีการนำเสนอชิ้นงานของตนเองและอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมห้อง

8) ขั้นสะท้อนคิด (Meta-reflection) เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนว่ามีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจของตนเองไปมากน้อยเพียงใด

การใช้สื่อโฆษณาช่วยให้นักเรียนได้วิเคราะห์และประเมินความน่าเชื่อถือของโฆษณา มีขั้นตอนในการตอบคำถามเพื่อระบุเป็นข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น มีขั้นตอนในการค้นคว้าหา

ข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐาน และใช้เป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้น จึงช่วยส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ในขณะเดียวกัน จากงานวิจัยของ พุทธริธร บูรณสถิตวงศ์ และคณะ (2562, น. 223) ที่นำสื่อโฆษณาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีข้อค้นพบว่า กระบวนการที่ให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประเมินโฆษณาและสร้างข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์นั้น ช่วยให้มีองค์ความรู้ที่ดีและถูกต้อง และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีเพื่อมาเป็นข้อโต้แย้งจากโฆษณาที่มีการใส่ข้อมูลโน้มน้าวผู้บริโภคจนเกินจริงได้ อย่างไรก็ตาม โฆษณาที่นำมาใช้ควรประกอบด้วยข้อมูลที่เป็นเท็จ ข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์แท้ และข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์เทียม เพื่อกระตุ้นให้เกิดการโต้แย้ง และการค้นคว้าข้อเท็จจริง

เมื่อทำการพิจารณาภาพรวมของเทคนิคที่ใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนแล้วพบว่า เทคนิคต่าง ๆ ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อสอดแทรกลงไปในการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยเปรียบดังกรอบที่ชี้นำให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายผ่านองค์ประกอบที่แต่ละเทคนิคกำหนด เพื่อให้สามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ โดยครูอาจนำไปใช้เพื่อลดข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ ให้สามารถส่งเสริมความสามารถนี้ได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้มักมุ่งเน้นไปที่การส่งเสริมองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง และการค้นหาหลักฐาน มากกว่าส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผล ทำให้นักเรียนมีปัญหาในการเขียนให้เหตุผลและมีคะแนนการให้เหตุผลที่ต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ซึ่งจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง เป็นเทคนิคที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานนำมาใช้และข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น พร้อมระบุเหตุผลประกอบความสัมพันธ์นั้น จนทำให้นักเรียนมีการให้เหตุผลที่ดีขึ้น และมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลที่ชัดเจนกว่าเทคนิคอื่น มาประกอบการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น และลดข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้น

โดยสรุปแล้ว ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่นำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างผ่านการแสดงความคิดความเข้าใจเบื้องต้นต่อประเด็นที่ศึกษา มีการตอบคำถาม การแลกเปลี่ยนความเข้าใจ

หรือสร้างแบบจำลองทางเพื่อเป็นตัวแทนของข้อกล่าวอ้าง มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นหาหลักฐานด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อใช้สนับสนุนความคิดความเข้าใจของตนเองในประเด็นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการส่งเสริมองค์ประกอบของหลักฐานสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเองต่อประเด็นที่ศึกษา และสังเกตการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของตนเองระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ส่วนข้อจำกัดในภาพรวมที่เห็นได้อย่างเด่นชัด คือ การจัดการเรียนรู้ในแต่ละลักษณะยังสะท้อนภาพในองค์ประกอบของการให้เหตุผลไม่เด่นชัด เป็นผลให้คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น และทำให้ความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในภาพรวมอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาเสริมในการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ดียิ่งขึ้น

1.5 การวัดและประเมินผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงพฤติกรรมของนักเรียนในการเขียนหรือพูดคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา ซึ่งสามารถวัดได้จากการปฏิบัติงานของนักเรียนได้โดยตรง (สันติชัย อนุวรชัย, 2557, น. 7) ผลการปฏิบัติงานนี้อาจมีลักษณะเป็นการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษา (Yang & Wang, 2014, p. 531) หรือมีลักษณะเป็นการพูดเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ (Falk & Brodsky, 2014, p. 66) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ต้องมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น มีการให้หลักฐานและหลักการทางวิทยาศาสตร์ มีการระบุสาเหตุ และให้รายละเอียดของสาเหตุทั้งในระดับที่สามารถสังเกตได้ผ่านการทดการทดลองและในระดับที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยอาศัยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาสนับสนุน (Andrade, Freire, & Baptista, 2019, p. 5) ในขณะเดียวกันการประเมินความสามารถดังกล่าว จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่เหมาะสม และมีการสร้างเกณฑ์การประเมินหรือเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน สามารถสะท้อนความสามารถนี้ของนักเรียนทั้งในภาพรวมและครอบคลุมทุกองค์ประกอบ (McNeill & Krajcik, 2008a, p. 74; Yang & Wang, 2014, p. 531) โดยพฤติกรรมสำคัญที่บ่งชี้ว่านักเรียนมีความสามารถนี้นั้น คือการที่นักเรียนสามารถระบุและแสดงความสัมพันธ์ของทุกองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ที่สำคัญจะต้องมีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ศึกษามาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ มีการระบุคำอธิบายทาง

วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม สามารถประเมินความน่าเชื่อถือขององค์ความรู้และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่นำมาสนับสนุน และสามารถสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นได้อีกด้วย (กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 221)

จากการศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียน พบว่านักวิจัยและนักการศึกษาได้เสนอแบบประเมินและเกณฑ์การประเมินไว้หลายรูปแบบ ดังนี้

McNeill and Krajcik (2008a) ทำการออกแบบการประเมินความสามารถนี้ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดอัตนัยไม่จำกัดคำตอบ ที่ให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างอิสระตามความเข้าใจของนักเรียนต่อสถานการณ์คำถามที่กำหนด แบบวัดประกอบด้วยข้อมูลที่ให้นักเรียนได้วิเคราะห์และสรุปเป็นข้อมูลและหลักฐานประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และมีคำถามเพื่อให้นักเรียนได้สร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขึ้น ดังภาพ 4

จงพิจารณาข้อมูลต่อไปนี้ แล้วเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าของเหลวใด เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน .....

ชนิดของของเหลว	ความหนาแน่น	สี	มวล	จุดหลอมเหลว
ของเหลวชนิดที่ 1	0.92 g/cm^3	ไม่มีสี	38 g	-98°C
ของเหลวชนิดที่ 2	0.79 g/cm^3	ไม่มีสี	38 g	26°C
ของเหลวชนิดที่ 3	13.6 g/cm^3	เงิน	21 g	-39°C
ของเหลวชนิดที่ 4	0.93 g/cm^3	ไม่มีสี	16 g	-98°C

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ McNeill et al. (2008)

ที่ ม า : McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. *Assessing science learning: Perspectives from research and practice*, 101-116.

McNeill and Krajcik (2008a) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนที่ครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 พร้อมคำอธิบายพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละระดับคะแนน ดังตาราง 1

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill et al. (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ระบุไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้าง ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้าง ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุไม่ถูกต้อง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง หรือระบุหลักฐาน บางส่วนไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอต่อ การสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุไม่ถูกต้อง	มีการอ้างถึงหลักฐานซ้ำ หรือกล่าวถึงหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง แต่ไม่เพียงพอ	ระบุเหตุผลที่เหมาะสม มีการอ้างถึงหลักฐาน และเชื่อมโยง สู่ข้อกล่าวอ้าง

ที่ ม า : McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. Assessing science learning: *Perspectives from research and practice*, 101-116.

เกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าว McNeill and Krajcik (2008a) นำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนที่มีความจำเพาะและเหมาะสมกับคำถามแต่ละข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนในประเด็น “ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส” ดังภาพ 4 ในส่วนของข้อกล่าวอ้าง ในกรณีที่นักเรียนตอบว่า “ไม่มีของเหลวชนิดใดเป็นชนิดเดียวกัน” จะเท่ากับว่านักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง จึงได้ 0 คะแนน ในกรณีที่นักเรียนตอบว่า “ของเหลวบางชนิดเป็นของเหลวชนิดเดียวกัน” แม้จะเป็นคำตอบที่ถูกต้องแต่สะท้อนให้เห็นว่าเป็นคำตอบที่คลุมเครือ จึงได้ 1 คะแนน และหากนักเรียนตอบว่า “ของเหลวชนิด 1 กับ 4 เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน” ถือว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องและมีความสมบูรณ์ จึงได้ 2 คะแนน ดังตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นรายข้อ ตามแนวคิดของ McNeill et al. (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีของเหลวชนิดใดเป็นชนิดเดียวกัน	ของเหลวบางชนิดเป็นของเหลวชนิดเดียวกัน	ของเหลวชนิด 1 กับ 4 เป็นของเหลวชนิดเดียวกัน
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุไม่ถูกต้อง เช่น “มีมวลเท่ากัน” หรือระบุไม่ชัดเจน เช่น “พิจารณาจากตาราง”	ระบุหลักฐานเพียง 1 หรือ 2 ชิ้น ได้แก่ ความหนาแน่น จุดหลอมเหลว หรือสีของของเหลวชนิด 1 กับ 4 ว่าเหมือนกัน หรือกล่าวถึงมวล	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ทั้งความหนาแน่น จุดหลอมเหลว หรือสีของของเหลวชนิด 1 กับ 4
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุไม่ถูกต้อง เช่น “เป็นน้ำมันหรือสบู่ที่ใช้ในชั้นเรียน”	มีการอ้างถึงความหนาแน่น จุดหลอมเหลว หรือสีของของเหลวซ้ำ หรือกล่าวว่า “มวลไม่ใช่สมบัติของสารนำมาพิจารณา”	ระบุเหตุผลที่เหมาะสมว่า “ของเหลวชนิด 1 กับ 4 มีความหนาแน่น จุดหลอมเหลว หรือสี ซึ่งเป็นสมบัติของสารที่นำมาพิจารณาเหมือนกัน จึงเป็นของเหลวชนิดเดียวกัน”

ที่ ม า : McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. Assessing science learning: *Perspectives from research and practice*, 101-116.

McNeill and Krajcik มีมุมมองว่า ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นอาจมีข้อกล่าวอ้างที่เกิดขึ้นอย่างหลากหลายทั้งถูกต้องและไม่ถูกต้อง ในปี ค.ศ. 2015 จึงได้มีการเพิ่มองค์ประกอบในการวัดและประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียนขึ้นมาอีก 1 องค์ประกอบ คือ การโต้แย้งกลับ (Rebuttal) ซึ่งเป็นการสื่อสารโต้แย้งถึงคำอธิบายทางเลือกอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงหลักฐานและเหตุผลในการตัดความเป็นไปได้ของข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ ออก พร้อมให้หลักฐานและเหตุผลว่า เพราะเหตุใดข้อกล่าวอ้างอื่น ๆ นั้นไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมต่อประเด็นคำถามที่กำหนด (Krajcik & McNeill, 2015, p. 286) ทำให้มีการสร้างเกณฑ์การประเมิน

ความสามารถดังกล่าวเพิ่มเติมอีก 1 องค์ประกอบ กลายเป็น 4 องค์ประกอบ แต่ยังคงประเมินองค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 ดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill et al. (2015)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐานหรือระบุไม่ถูกต้อง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือระบุหลักฐานบางส่วนไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผลหรือระบุไม่ถูกต้อง	มีการอ้างถึงหลักฐานซ้ำหรือกล่าวถึงหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่เพียงพอ	ระบุเหตุผลที่เหมาะสม มีการอ้างถึงหลักฐานและเชื่อมโยงสู่ข้อกล่าวอ้าง
การโต้แย้งกลับ	ไม่สื่อสารคำอธิบายทางเลือก หรือให้การโต้แย้งไม่ถูกต้อง	สื่อสารคำอธิบายทางเลือกให้หลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอในการโต้แย้ง	สื่อสารคำอธิบายทางเลือกให้หลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมและเพียงพอต่อในการโต้แย้ง

ที่มา: McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2015). Designing and assessing scientific explanation tasks. *Encyclopedia of science education, 285*, 285-346.

Biological Science Curriculum Study (2012) ได้ทำการออกแบบเครื่องมือสำหรับวัดความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในลักษณะแบบวัดอัตนัยจำกัดคำตอบ ที่มีการวางกรอบหรือพื้นที่สำหรับให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน 5 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ข้อคำถามที่ต้องการให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบหรือสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 คือ หลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้ ซึ่งเป็นพื้นที่ให้นักเรียนระบุหลักฐานที่สืบค้นได้ ทั้งนี้หลักฐานที่ได้อาจมาจากหลายแหล่ง ทั้งการสำรวจตรวจสอบ การสังเกต การอ่าน หรือแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

ส่วนที่ 3 คือ เหตุผลประกอบคำอธิบาย โดยในนักเรียนจะได้อธิบายถึงความเชื่อมโยงของหลักฐานแต่ละชิ้นที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ส่วนที่ 4 คือ ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นคำตอบของคำถาม และส่วนที่ 5 คือ พื้นที่ในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการวัดประเมินผลความสามารถนี้ และต้องนำส่วนต่าง ๆ ก่อนหน้า มาประกอบเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ดังภาพ 5

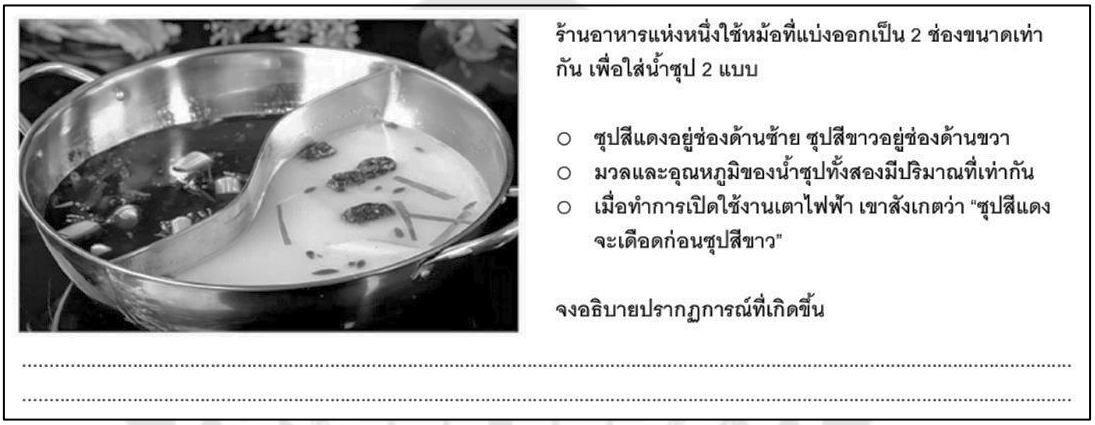
คำถาม	
หลักฐานจากข้อมูลหรือการสังเกต	**แนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง**
ข้อกล่าวอ้าง (คำตอบของคำถาม)	
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (ที่มีความเชื่อมโยงกันระหว่าง ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และหลักการทางวิทยาศาสตร์)	

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ BSCS (2012)

ที่มา: Biological Science Curriculum Study. (2012). Scientific explanation tool guide for teachers. Retrieved from https://www.urbanadvantagenyc.org/wp-Content/uploads/2018/04/BSCS-DSET-Data-first-What-is-CER.pdf

ทั้งนี้ Biological Science Curriculum Study (2012) ยังให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องมือในการวัดประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียนเพิ่มเติมว่า ควรออกแบบพื้นที่ให้นักเรียนได้เขียนระบุหลักฐาน และเหตุผลที่เป็นแนวคิดหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับคำถามที่กำหนดให้ก่อน จากนั้นให้นำข้อมูลหลักฐานหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบทีหลัง แล้วพัฒนาทุกองค์ประกอบให้เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ต่อไป

ต่อมา Yao and Guo (2018) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถดังกล่าวแบบอัตนัยขึ้นมา โดยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ สถานการณ์ ข้อมูล และคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำถามที่ใช้มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด โดยในส่วนของการเขียนตอบนั้น ไม่มีการแยกพื้นที่ให้นักเรียนเขียนแยกตามองค์ประกอบแต่อย่างใด ด้วยเหตุผลที่ว่า นักเรียนยังไม่ได้รับการจัดการเรียนรู้หรือฝึกฝนให้เขียนตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาก่อน การให้นักเรียนเขียนตามองค์ประกอบที่กำหนดนั้น อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนขึ้นได้ ดังภาพ 6



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ Yao et al. (2018)

ที่ ม า : Yao, J. X., Guo, Y. Y., & Neumann, K. (2016). Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation. *Asia-Pacific science education, 2*(1), 1-17

จากแบบวัดความสามารถฯ ข้างต้น Yao and Guo (2018) ได้พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนโดยแบ่งองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 4 ส่วน คือ ปรากฏการณ์ ทฤษฎี ข้อมูล และการให้เหตุผล พร้อมทั้งมีการระบุพฤติกรรมของนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถใน 2 ระดับ คือ ระดับพื้นฐาน และ ระดับลึกซึ้ง ดังตาราง 4

ตาราง 4 เกณฑ์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ Yao et al (2018)

องค์ประกอบ	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	
	ระดับพื้นฐาน	ระดับลึกซึ้ง
ปรากฏการณ์	มีการยืนยันและอธิบายปรากฏการณ์อย่างชัดเจน โดยใช้ 1 – 2 ตัวแปร แต่แสดงความสัมพันธ์อย่างง่าย	มีการสรุปและนำเสนอปรากฏการณ์ตามบริบทจริง โดยใช้หลายตัวแปร และมีการแสดงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน
ทฤษฎี	มีการประยุกต์แนวคิด กฎทางวิทยาศาสตร์ และอื่น ๆ ตามบริบทที่กำหนดให้	มีการใช้ตัวแปรสำคัญที่สรุปมาจากบริบทที่กำหนดให้ แล้วเลือกใช้แนวคิด กฎทางวิทยาศาสตร์ และอื่น ๆ
ข้อมูล	มีการค้นคว้าข้อมูลที่เหมาะสม และมีปริมาณข้อมูลน้อย	มีการค้นคว้าข้อมูลที่เหมาะสม และมีปริมาณข้อมูลมาก
การให้เหตุผล	มีการให้เหตุผลอย่างง่าย ที่เชื่อมโยงระหว่างแต่ละองค์ประกอบ	มีการพัฒนาความเชื่อมโยงระหว่างแต่ละองค์ประกอบ และแสดงกระบวนการเชื่อมโยงที่ชัดเจน

ที่ ม า : Yao, J. X., Guo, Y. Y., & Neumann, K. (2016). Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation. *Asia-Pacific science education, 2*(1), 1-17

เมื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือในการวัดประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียนไทย พบว่า ในงานวิจัยของ สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้เสนอวิธีการประเมินความสามารถนี้ของนักเรียนว่า ในการประเมินนั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น และ 2) การประเมินกระบวนการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การประเมินดังกล่าว จะใช้แบบวัดที่มีโครงสร้างใน 3 ส่วน คือ 1) สถานการณ์ 2) ข้อมูลประกอบที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ กราฟ ตาราง ภาพประกอบการทดลอง และ 3) คำถามที่ให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังภาพ 7 และมีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนเป็นรายข้อประกอบการประเมิน

ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถฯ ของ สันติชัย อนุวรชัย (2557)

ที่มา: สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, *39*(3), 66-82.

สำหรับการประเมินกระบวนการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกมาในระหว่างกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรม และแบ่งรายการประเมินออกเป็น 7 รายการ ได้แก่ การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ การออกแบบบันทึกผล การเก็บรวบรวมข้อมูล การระบุข้อสรุป การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ และการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล โดยในแต่ละรายการมีการประเมินใน 3 ระดับคะแนน คือ 1 2 และ 3 แล้วนำคะแนนรวมของทุกรายการมาแปลผลเป็น 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และควรปรับปรุง ตามช่วงของคะแนน ในขณะเดียวกัน รายการประเมินแต่ละข้อยังมีการลงรายเอียดของการประเมินที่ชัดเจนในแต่ละระดับ โดยระบุพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาที่สะท้อนถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แต่ละรายการ ยกตัวอย่างเช่น ในการประเมินการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ หากนักเรียนมีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่างสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหา และสามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน นักเรียนจะได้ 3 คะแนน หากนักเรียนมีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่าง

สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหา แต่ไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน นักเรียนจะได้ 2 คะแนน แต่หากนักเรียนไม่มีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่างสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหา และไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน นักเรียนจะได้ 1 คะแนน ดังภาพ 8

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			บันทึกการสังเกต
	3	2	1	
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ				
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ				
3. การออกแบบบันทึกผลการทดสอบ				
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล				
5. การระบุข้อสรุป				
6. การใช้หลักฐาน				
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล				

คะแนนรวม ..... คะแนน ระดับความสามารถ ❑ ดีมาก ❑ ดี ❑ ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินกระบวนการในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	มีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่างสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาและสามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน	มีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่างสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาแต่ไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน	ไม่มีการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้อย่างสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาและไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาได้อย่างครบถ้วน

ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างแบบประเมินฯ ของ สันติชัย อนุวรชัย (2553)

ที่มา: สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 39*(3), 66-82.

เมื่อทำการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเพิ่มเติมเกี่ยวกับเครื่องมือและแบบวัดที่ใช้วัดประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียน พบว่า แบบวัดที่นิยมใช้เป็นแบบวัดแบบอัตนัยทั้งหมด และมีโครงสร้างของแบบวัดที่คล้ายคลึงกัน คือ มีการระบุประเด็นคำถามและมีพื้นที่ให้นักเรียนได้เขียนคำอธิบายเพื่อตอบคำถามที่กำหนดให้ มีการให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เป็นหลักฐาน พร้อมทั้งมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน ครอบคลุมทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Songer & Gotwals, 2012; กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์, 2559; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560; อรยา ใจแจ่ม, 2557)

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมาย องค์ประกอบ และความสำคัญ ตลอดจนรูปแบบการจัดการเรียนรู้และแนวทางการวัดประเมินผลที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการวัดความสามารถดังกล่าว สามารถสรุปโดยภาพรวมได้ว่า ความสามารถดังกล่าวนั้น เป็นพฤติกรรมของนักเรียนในการเขียนหรือพูดอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นข้อยืนยันคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาจากการค้นคว้า การอ่าน และการทำความเข้าใจข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และ 3) การให้เหตุผล เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่นักเรียนนำมาสนับสนุน การส่งเสริมความสามารถดังกล่าว ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเป็นผู้ที่ให้ความสำคัญกับหลักฐาน มีความรู้และความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และช่วยพัฒนาทักษะในการสื่อสารองค์ความรู้ผ่านการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจได้ โดยการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถนี้ทำได้ในหลายวิธี แต่ละวิธีมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้าง แล้วทำการค้นคว้าข้อมูลหรือสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้หลักฐานและเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง จนได้เป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์ ในขณะเดียวกันยังวัดความสามารถนี้ของนักเรียนได้ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ข้อคำถามที่ให้นักเรียนได้เขียนอธิบาย แล้วประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่ครอบคลุมในทุกองค์ประกอบ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) ที่ประกอบด้วยการประเมินใน 3 ส่วน คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ให้สอดคล้องกับนิยามของความสามารถดังกล่าวที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น

2. ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมาย ความสำคัญ ตลอดจนการวัดประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายและความสำคัญของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ เปรียบเสมือนเส้นทางการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความชำนาญหรือความเชี่ยวชาญเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่วางไว้ (Kaldaras et al., 2021, p. 591; Popham, 2007, p. 83) เป็นสิ่งแสดงถึงความเข้าใจของนักเรียนในช่วงเวลาหนึ่งต่อการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สะท้อนให้เห็นถึงลำดับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนจากที่มีความรู้ ความสามารถ หรือมีความชำนาญในเรื่องนั้นน้อย ไปยังการมีความรู้ ความสามารถ หรือความชำนาญในเรื่องนั้นมากขึ้น (Duschl, Maeng, & Sezen, 2011, p. 124; Kim & Scoular, 2017; ลือชา ลดาชาติ, 2559, น. 144)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นเพียงการรับรู้หรือท่องจำข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นการเรียนรู้กระบวนการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง โดยเน้นการบูรณาการความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จึงต้องประกอบไปด้วยส่วนของความก้าวหน้าด้านความรู้ความเข้าใจ (Cognition progression) และความก้าวหน้าด้านการปฏิบัติ (Practice progression) (Gotwals, Songer, & Bullard, 2012; Songer & Gotwals, 2012; ลือชา ลดาชาติ, 2559) โดยที่ความก้าวหน้าด้านความรู้ความเข้าใจมุ่งเน้นไปที่ความเข้าใจของนักเรียนในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของเนื้อหานั้น ๆ การที่นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าด้านความรู้ความเข้าใจที่อยู่ในระดับที่สูงขึ้น ส่วนการที่นักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดระดับพื้นฐานและไม่มีความซับซ้อน ย่อมสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าด้านความรู้ความเข้าใจที่อยู่ในระดับต่ำ (Gotwals et al., 2012, p. 184) ในขณะที่ความก้าวหน้าด้านการปฏิบัติ มุ่งเน้นไปที่ความสามารถของนักเรียนในการปฏิบัติทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่าง ๆ ทั้งการตั้งคำถาม การสำรวจตรวจสอบ การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล การสรุปและสื่อสารข้อมูล รวมทั้งการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วย (National Research Council, 2012, p. 49) การศึกษาประเมินทักษะที่จำเป็น

เหล่านี้ จะช่วยสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการปฏิบัติอยู่ในระดับใด (Gotwals et al., 2012, p. 185)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ถือเป็นหนึ่งในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนได้ใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ ตลอดจนหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สืบค้นได้มาสร้างเป็นคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา และเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นอย่างมีเหตุมีผลและเหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน การที่จะทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น จะเริ่มจากการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างและพัฒนาคำอธิบายของตนเองจากสิ่งที่สังเกตได้ในกระบวนการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งถือว่าสิ่งที่สังเกตได้นั้นเป็นหลักฐานที่นำมาสนับสนุนคำอธิบาย จากนั้นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินคำอธิบายของตนเองและผู้อื่นว่าสอดคล้องกับหลักฐานที่สังเกตได้หรือไม่ และเมื่อนักเรียนได้รับการฝึกฝนจนมีความเข้าใจมากขึ้น จะสามารถระบุและแยกแยะได้ว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จนกลายเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (National Research Council, 2012, p. 69)

ในขณะเดียวกัน ลือชา ลดาชาติ (2559, น. 156) และ Kaldaras et al. (2021, p. 591) กล่าวว่า ความก้าวหน้าในการเรียนรู้นั้นเป็นสิ่งที่สะท้อนแนวทางในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครู เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความเข้าใจหรือความสามารถตามที่กำหนดไว้ ช่วยสะท้อนแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างหรือหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถติดตามและตรวจสอบได้ว่านักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจหรือการปฏิบัติมากน้อยเพียงใด และช่วยให้ระบุปัญหาหรืออุปสรรคต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น และยังช่วยสะท้อนแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียน ช่วยให้เกิดความสอดคล้องกันระหว่างหลักสูตรการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้

โดยสรุปแล้ว ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ระดับความสามารถของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายดังกล่าวที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ สะท้อนถึงความชำนาญที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าว โดยมีความสำคัญทั้งต่อตัวนักเรียนและครูผู้สอน ในด้านนักเรียนนั้นช่วยสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความรู้ความสามารถและการปฏิบัติของนักเรียนในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ส่วนในด้านของครูผู้สอน เป็นสิ่งที่สะท้อนผลการ

จัดการเรียนรู้ว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความสามารถและการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด จนนำไปสู่การพัฒนาวิธีการหรือแนวทางต่าง ๆ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น

2.2 การวัดและประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เพื่อให้ทราบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่นั้น จำเป็นต้องใช้การเก็บข้อมูลจริงผ่านการศึกษาใน 2 วิธี คือ การศึกษาระยะยาว (Longitudinal study) หรือการศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009, p. 39; ลือชา ลดาชาติ, 2559, น. 144) โดยในการศึกษาระยะยาวนั้น เป็นการเก็บข้อมูลจากการทดสอบหรือภาระงานต่าง ๆ ของนักเรียนกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ในชั้นเรียนตามหลักสูตรหรือรายวิชาที่กำหนด และมีการกำหนดระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้เพื่อติดตามและเปรียบเทียบให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจหรือความสามารถของนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยอาจเป็นการติดตามในช่วงเวลาเพียงไม่กี่สัปดาห์ 1 ปี หรือ 2 ปี เป็นต้น ในขณะที่การศึกษาภาคตัดขวาง เป็นการเก็บข้อมูลทั้งจากการสัมภาษณ์และการทดสอบต่าง ๆ ของนักเรียนหลายกลุ่มที่มีอายุ ประสบการณ์ หรือความรู้ที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีอายุ ประสบการณ์ หรือระดับความรู้ที่มากขึ้น (Corcoran et al., 2009, p. 39)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ พบว่า นักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านมีการใช้เครื่องมือวัดเป็นแบบวัดอัตนัยที่มีลักษณะเดียวกันกับแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่อาจแตกต่างกันที่จำนวนครั้งหรือความต่อเนื่องในการวัดตามเป้าหมายของนักวิจัย ตลอดจนการแสดงผลที่สะท้อนถึงความก้าวหน้าของนักเรียนที่เพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ โดยภายหลังจากที่นักวิจัยและนักการศึกษาได้ทำการวัดความสามารถดังกล่าวของนักเรียนด้วยแบบวัดแบบต่าง ๆ แล้ว มีการนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นมาวิเคราะห์และแปลผลระดับความสามารถด้วยเกณฑ์ในหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น

ในงานวิจัยของ Gotwals, Songer, and Bullard (2012, p. 187) ได้ศึกษาและออกแบบแนวทางการประเมินความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ โดยได้เสนอตัวอย่างการแปลผลระดับความสามารถของนักเรียน ซึ่งวิเคราะห์จากคำตอบหรือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ในแต่ละระดับมีการอธิบายพฤติกรรมที่แตกต่างกัน ดังตาราง 5

ตาราง 5 การแปลผลระดับความสามารถฯ ของนักเรียนใน 4 ระดับ ของ Gotwals et al. (2012)

ระดับ	คำอธิบาย
4	นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีการระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง มีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และมีการให้เหตุผลประกอบ
3	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง และมีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่แสดงเหตุผลประกอบ
2	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง มีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
1	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือเหตุผลประกอบ

ที่มา: Gotwals, A. W., Songer, N. B., & Bullard, L. (2012). Assessing students' progressing abilities to construct scientific explanations. In Learning progressions in science (pp. 183-210). Brill Sense.

นอกจากนี้ ยังมีการแปลผลระดับความสามารถนี้ของนักเรียนในงานวิจัยหลายฉบับที่ในเนื้อหาของงานวิจัยไม่ได้กล่าวถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่ลักษณะของงานวิจัยมีการศึกษาและเปรียบเทียบระดับความสามารถนี้ของนักเรียนทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น

ในงานวิจัยของ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562, น. 72) ได้ทำการประเมินผลความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยได้เสนอตัวอย่างการแปลผลใน 5 ระดับ คือ ระดับที่ 0 – 5 โดยเพิ่มเติมระดับที่ 0 ในกรณีที่นักเรียนไม่มีการสร้างอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุได้ไม่ถูกต้อง ดังตาราง 6

ตาราง 6 การแปลผลระดับความสามารถฯ ของนักเรียนใน 5 ระดับ ของ พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี (2562)

ระดับ	คำอธิบาย
4	นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีการระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง มีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และมีการให้เหตุผลประกอบ
3	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง และมีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่แสดงเหตุผลประกอบ
2	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง มีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
1	นักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือเหตุผลประกอบ
0	ไม่สามารถที่จะระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุได้อย่างถูกต้อง

ที่มา: พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์, และร่มเกล้า จันทราษี. (2562). การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 5*(1), 65-83.

ในงานวิจัยของ พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560, น. 6) ได้ทำการประเมินผลความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยได้เสนอตัวอย่างการแปลผลระดับความสามารถนี้ของนักเรียนแยกตามองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับ คือ 1 2 และ 3 ดังตาราง 7

ตาราง 7 การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน 3 ระดับ แบบแยกองค์ประกอบ ของพัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่เชื่อมโยงกับคำถาม	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถาม แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามและครบถ้วนสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุหลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐาน แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือระบุหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน แต่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

ที่มา: พัณนิดา มีลา, และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19*(3), 1-15.

ในงานวิจัยของ Limberg (2016, p. 41) ได้ทำการประเมินผลความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยได้เสนอตัวอย่างการแปลผลระดับความสามารถนี้ของนักเรียน ที่พัฒนามาจากแนวทางการประเมินของ McNeill and Krajcik (2008a) ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.5 โดยเป็นการแปลผลแบบแยกตามองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 4 ระดับ คือ ไม่แสดงให้เห็น กำลังพัฒนา ชำนาญ และดีเลิศ ดังตาราง 8

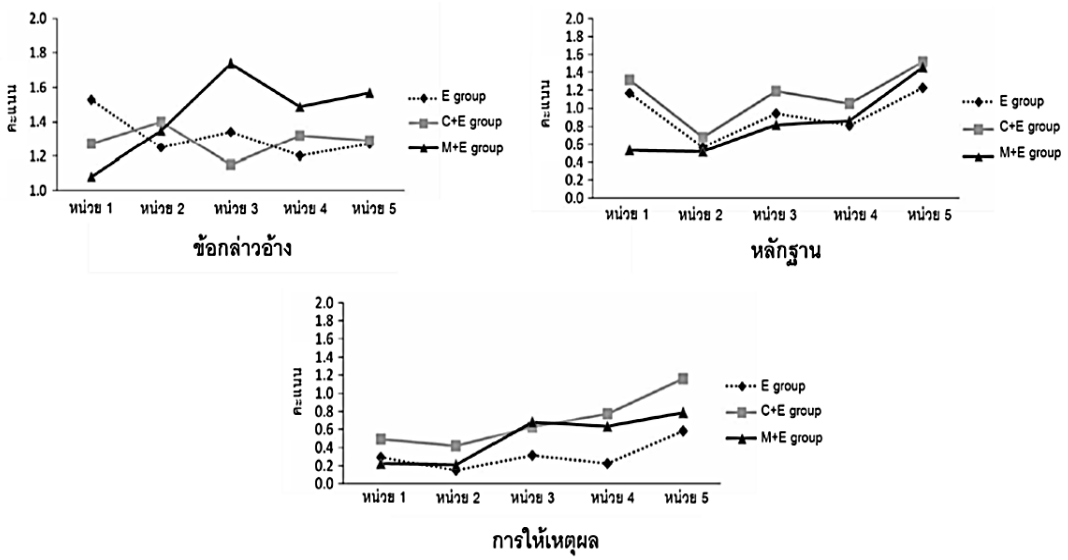
ตาราง 8 การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ใน 4 ระดับ แบบแยกองค์ประกอบของ Limberg (2016)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			
	ไม่แสดงให้เห็น	กำลังพัฒนา	ชำนาญ	ดีเลิศ
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและครบถ้วน	มีการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างไปสู่บริบทของข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือระบุหลักฐานบางอย่างที่ไม่เหมาะสม	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อมูลที่จำเพาะต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือระบุเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างมีการกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ หรือให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่เพียงพอ	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างโดยให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างมีการเชื่อมโยงข้อมูลและข้อกล่าวอ้างไปสู่หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเพาะโดยแสดงให้เห็นถึงองค์ความรู้ที่ชัดเจน

ที่มา: Limberg, T. (2016). Claims, Evidence and Reasoning: A Framework for Evidence-Based Writing on the subject of Evolution. (Master thesis). Hamline university, US. Retrieved from https://digitalcommons.hamline.edu/hse_all/4195

จากตัวอย่างของการแปลผลระดับความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่วิเคราะห์ได้จากคำตอบที่นักเรียนเขียนขึ้น สังเกตได้ว่าระดับความสามารถสูงขึ้นจะมีความซับซ้อนของพฤติกรรมที่มากขึ้นด้วย จนกลายเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระดับความสามารถของนักเรียนที่สูงขึ้นเป็นลำดับนั้น เป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียน

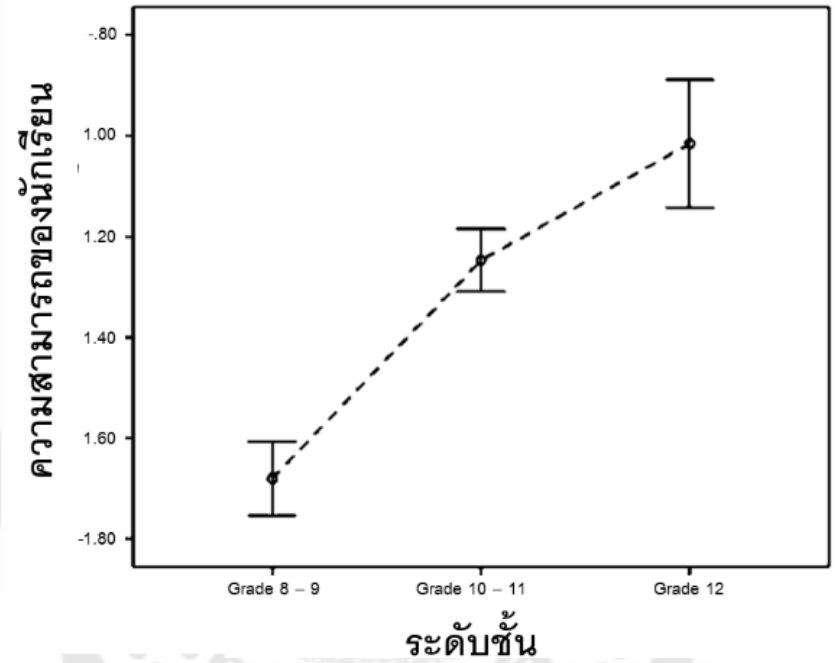
ในขณะเดียวกัน การแสดงผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ สามารถนำเสนอได้หลายรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น ในงานวิจัยของ Wang (2015, p. 258) ได้ทำการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียน ระหว่างการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยในลักษณะการศึกษาระยะยาว และได้นำเสนอผลแบบแยกตามองค์ประกอบ ในลักษณะของกราฟเส้นแสดงค่าเฉลี่ยคะแนนในแต่ละองค์ประกอบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังภาพ 9



ภาพประกอบ 9 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Wang (2015)

ที่มา: Wang, C.-Y. (2015). Scaffolding middle school students' construction of scientific explanations: Comparing a cognitive versus a metacognitive evaluation approach. *International Journal of Science Education, 37*(2), 237-271.

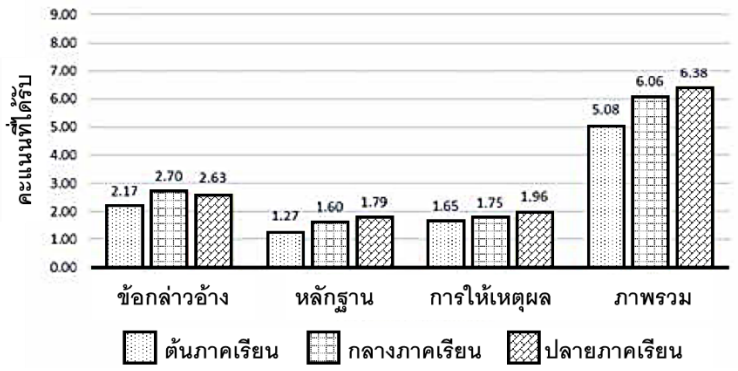
ในงานวิจัยของ Yao and Guo (2018, p. 309) ที่ทำการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนใน 3 ระดับชั้น ในลักษณะของการศึกษาภาคตัดขวาง โดยทำวิเคราะห์ผลด้วยการทดสอบของครัสคาลและวัลลิส (The Kruskal-wallis One-Way Analysis of Variance) แล้วนำเสนอผลในรูปแบบของกราฟเส้นที่สะท้อนความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ดังภาพ 10



ภาพประกอบ 10 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Yao et al. (2018)

ที่มา : Yao, J. X., & Guo, Y. Y. (2018). Validity evidence for a learning progression of scientific explanation. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(2), 299-317.

ในงานวิจัยของ Kennedy and Folkes (2018, p. 43) ที่ทำการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนตลอดภาคเรียน โดยทำการวัดและประเมินผลทั้งในช่วงต้น กลาง และปลายภาคเรียน แล้วนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ทั้งภาพรวมและแยกตามองค์ประกอบในลักษณะของแผนภูมิแท่ง ดังภาพ 11



ภาพประกอบ 11 การนำเสนอผลความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของ Kennedy et al. (2008)

ที่ ม า : Kennedy, K., & Folkes, C. (2018). Dropping anchor: The power of an anchor activity to develop claims, evidence, and reasoning in the science classroom. *Science Scope, 42*(3), 42-47.

จากการศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินความสามารถดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า การวัดและประเมินความสามารถดังกล่าว ช่วยสะท้อนพฤติกรรมของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยใช้แบบวัดที่มีลักษณะเป็นแบบวัดอัตนัย มาวัดความสามารถนี้ผ่านการเขียนของนักเรียน แล้วประเมินโดยใช้เกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม ครอบคลุมทุกองค์ประกอบ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ โดยทำการวัดและประเมินทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ ทั้งนี้ การพิจารณาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ในภาพรวมนั้น อาจได้สารสนเทศที่ไม่เพียงพอต่อการสะท้อนประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพิจารณาระดับความก้าวหน้าฯ แยกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย เพื่อสะท้อนถึงประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อการเปลี่ยนแปลงความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ในการได้มาซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับความหมาย ตลอดจนการวัดประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นกริยาอาการหรือท่าทางของนักเรียนที่แสดงออกผ่านการได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้ (สวาท ติละโพธิ์ และจารุวรรณ พลอยดวงรัตน์, 2558, น. 74) โดยเป็นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้าในขณะนั้น (Cranston & McCort, 1985, p. 136; Yan & Au, 2019, p. 98) พฤติกรรมการเรียนรู้อาจแสดงออกผ่านการอ่าน การตอบคำถาม การเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ การใช้เทคโนโลยี หรือการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งแสดงถึงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุดประสงค์ของการเรียนรู้กับสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ (Yan & Au, 2019, p. 98) โดยนักเรียนสามารถแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ได้ทั้งในและนอกห้องเรียนที่แสดงให้เห็นถึงความสนใจและความกระตือรือร้นต่อการเรียนในเรื่องนั้น ๆ (กัลยารัตน์ บุญรอด, 2551, น. 35) ดังนั้น พฤติกรรมการเรียนรู้ จึงเป็นสิ่งที่สะท้อนผลจากการได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ของนักเรียน ที่แสดงออกมาผ่านกริยาอาการหรือท่าทางต่าง ๆ ในระหว่างเรียนรู้ ซึ่งสามารถเกิดได้ทั้งภายในและนอกห้องเรียน

ในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมผ่านการเขียนหรือพูดคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา โดยต้องแสดงทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และให้เหตุผลประกอบคำอธิบายนั้น (McNeill & Krajcik, 2007, p. 3; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 105) นักเรียนมีการใช้ความรู้เดิมหรือความรู้จากการสรุปข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา (ฉลองวุฒิ จันทร์หอม และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563, น. 652; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 105) นักเรียนต้องแสดงพฤติกรรมที่สะท้อนกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการสำรวจตรวจสอบ สืบค้นข้อมูล มีการคิดวิเคราะห์ และประเมินความถูกต้องของข้อมูลก่อนตัดสินใจนำมาเป็นหลักฐานสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น (National Research Council, 2012, p. 2; สุทธิชาติ เปรมกมล, 2558, น. 260) นอกจากนี้ นักเรียนต้องมีการให้เหตุผลโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ (McNeill & Krajcik, 2007, p. 3) พฤติกรรมที่กล่าวมาข้างต้นเป็นกริยาท่าทางของ

นักเรียน ที่สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ ซึ่งช่วยสะท้อนพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย

โดยสรุปแล้ว พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กริยาอาการหรือท่าทางของนักเรียนที่แสดงออกในระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยสะท้อนถึงกระบวนการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบ

3.2 การวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมการเรียนรู้ เป็นสิ่งนักเรียนแสดงออกมาในระหว่างการเรียนรู้ จึงเป็นสิ่งที่สามารถสังเกตและวัดประเมินได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ทั้งการทดสอบ การประเมินจากงานที่ได้รับมอบหมาย การสอบถาม โดยอาศัยเครื่องมือที่เหมาะสม ซึ่งควรมีการสะท้อนผลจากการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ทราบด้วย (Yan & Au, 2019, p. 99) จากศึกษาเกี่ยวกับการวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า แบบสังเกต เป็นเครื่องมือที่นักวิจัยนิยมใช้ในการวัดชุดของพฤติกรรมที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา ไม่ว่าจะเป็นการพูด ท่าทาง บุคลิก ทักษะ และความสามารถต่าง ๆ ที่แสดงออกมา (จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย, 2558, น. 15; พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 125) การสังเกตเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยตรวจสอบความจริงที่เกิดขึ้นในระหว่างการศึกษา ทำให้มองเห็นมุมมองของการแสดงพฤติกรรมบางอย่างที่เกิดขึ้น สิ่งที่ได้จากการสังเกตอาจเป็นทั้งข้อเท็จจริง เช่น จำนวนหนังสือในห้องเรียนและจำนวนนักเรียนที่เข้าห้องสมุด หรืออาจเป็นเหตุการณ์บางอย่างที่เกิดขึ้นในระหว่างเรียน เช่น การพูดคุยปรึกษาในชั้นเรียน หรือพฤติกรรมบางอย่างที่ครูและนักเรียนได้แสดงออกมา (Cohen, Manion, & Morrison, 2018, p. 543)

เนื่องด้วยแบบสังเกตนั้นมีอยู่หลากหลายลักษณะ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับเป้าหมายในการเก็บข้อมูล แบบสังเกตที่นิยมใช้ในงานวิจัยทั่วไปมี 3 แบบ (จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย, 2558, น. 15) ดังนี้

1) แบบระเบียนพฤติกรรม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเขียนบรรยายพฤติกรรมที่ผู้ถูกสังเกตแสดงออก โดยผู้วิจัยมักบันทึกไว้โดยไม่ให้ผู้ถูกสังเกตรู้ตัว

2) แบบตรวจสอบรายการ เป็นเครื่องมือที่มีการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้ โดยผู้วิจัยมีการทำเครื่องหมายถูกเมื่อพบว่าผู้ถูกสังเกตได้แสดงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ออกมาแล้ว

3) แบบมาตรประเมินค่า เป็นเครื่องมือที่มีการทำเครื่องหมายถูกตามระดับคะแนนที่ผู้วิจัยกำหนดลักษณะของพฤติกรรมที่ผู้ถูกสังเกตแสดงออก ทั้งนี้ ผู้ประเมินต้องระวังในความเอนเอียงของคะแนนการประเมินด้วย

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย (2558, น. 16) กล่าวต่อว่า แบบสังเกตสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวัดพฤติกรรมได้หลายด้าน ทั้งด้านพุทธิพิสัย ที่เป็นผู้ถูกสังเกตมีการพูด เขียน หรือสื่อสารด้วยวิธีการต่าง ๆ ที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจของตนเอง ด้านจิตพิสัยที่แสดงออกผ่านท่าทางหรือการพูดความคิดหรือความรู้สึก และด้านทักษะพิสัยที่มีการแสดงออกผ่านคุณภาพของชิ้นงานหรือทักษะความสามารถตามที่กำหนด

จากการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมจากงานวิจัยต่าง ๆ พบว่า นักวิจัยและนักการศึกษามีการใช้เครื่องมือในการวัดและประเมินอย่างหลากหลาย ดังนี้

ในงานวิจัยของ ชำนาญ ด่านคำ (2560) ได้ศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้แบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ ประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนใน 10 ด้าน ทั้งด้านทัศนคติในการเรียน แรงจูงใจ การจัดการเวลา ความวิตกกังวล การมีสมาธิในการเรียน การกระตือรือร้น ความสามารถในการจับประเด็น การใช้เทคนิคหรืออุปกรณ์ในการเรียน การทบทวน และการเตรียมตัวสอบ เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นในการพิจารณาตามเป้าหมายที่กำหนด นอกจากนี้ยังมีการใช้แบบบันทึกรายการเชิงสังเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายระเบียนพฤติกรรม เพื่อบันทึกข้อมูลสภาพปัญหาและความต้องการของผู้เรียนเพิ่มเติมด้วย

ในงานวิจัยของ วัลลภา วาสนาสมปอง (2563) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยนักวิจัยได้ใช้แบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยเพื่อวัดและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ใช้ อีกทั้งยังมีการใช้แบบบันทึกการสนทนากลุ่ม เพื่อศึกษาความต้องการและปัจจัยสนับสนุนต่าง ๆ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมตามที่ตั้งไว้ โดยมีการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา ยกตัวอย่างเช่น การสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความสนใจใฝ่เรียนรู้ นักวิจัยได้ใช้คำถามว่า “วิธีการใดที่ช่วยให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนานตื่นเต้น และพร้อมให้ความร่วมมือในการเรียน” หรือ “วิธีการใดที่ช่วยให้นักเรียนไม่รู้สึกเบื่อหน่ายในการเรียน” เป็นต้น และนอกจากนี้ยังมีการใช้แบบบันทึกการสังเกตในการศึกษาพฤติกรรมและกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนเพิ่มเติมด้วย

ในงานวิจัยของ Abbas, Aman, Nurunnabi, and Bano (2019) ได้ศึกษาผลของสื่อสังคม (Social media) ต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยได้ใช้แบบประเมินชนิดมาตรประเมินค่า 5 ระดับ ในการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ในขณะเดียวกับยังมีการสัมภาษณ์โดยใช้ถามปลายเปิด ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลของสื่อสังคมทั้งในเชิงบวกและลบต่อการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนสามารถทำได้ในหลายวิธี ทั้งจากการพูด การอ่าน การแสดงท่าทาง การปฏิบัติ หรือประเมินจากชิ้นงานที่นักเรียนทำ โดยการใช้เครื่องมือที่หลากหลาย ทั้งแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ในลักษณะต่าง ๆ เช่น แบบระเบียนพฤติกรรม แบบตรวจสอบรายการ หรือแบบมาตรประเมินค่า แบบวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีความเฉพาะเจาะจงกับด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย หรือทักษะพิสัย หรือแม้กระทั่งแบบสัมภาษณ์ เพื่อให้นักเรียนได้สื่อสารความคิดเห็นออกมาอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความมุ่งหมายในการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกมาในระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนและเขียนบันทึกพฤติกรรมดังกล่าวลงในบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนถึงกระบวนการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและแต่ละองค์ประกอบ และสะท้อนถึงการที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ได้ดี ต้องมีการแสดงพฤติกรรมอย่างไร อีกทั้งยังเป็นการสะท้อนผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นอีกด้วย

4. การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ในการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมาย องค์ประกอบ ตลอดจนแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้มาซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ความหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่มีระเบียบแบบแผน มีกระบวนการ และเป็นขั้นตอน โดยมีหลักการ ความเชื่อ หรือทฤษฎีการเรียนรู้มารองรับ มีการใช้

วิธีการสอนและเทคนิคต่าง ๆ เข้ามาร่วมในกระบวนการจัดการเรียนการสอน ซึ่งได้รับการพิสูจน์และตรวจสอบว่ามีประสิทธิภาพในการสอนให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ (ทิศนา แขมมณี, 2546, น. 211) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีลักษณะเป็นแผนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน โดยนำมาใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างและองค์ประกอบของการจัดการเรียนการสอน เช่น หลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการสอน การวัดประเมินผล กิจกรรมต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน (รัตนา สิงหกุล, 2547, น. 82; ละเอียด รักษ์เผ่า, 2528, น. 8) ตลอดจนการจัดสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (รัตนา สิงหกุล, 2547, น. 82) โดยนำมาใช้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ (ละเอียด รักษ์เผ่า, 2528, น. 8) ในขณะเดียวกันรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ยังเป็นกระบวนการในการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้มาซึ่งข้อมูล แนวคิด ทักษะต่าง ๆ และได้แสดงออกในสิ่งที่ได้เรียนรู้อีกด้วย (Joyce, Weil, & Calhoun, 2009, p. 25)

โดยสรุปแล้ว รูปแบบการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ลักษณะการจัดการเรียนการสอนที่เป็นแบบแผนและเป็นขั้นเป็นตอน โดยมีหลักการหรือทฤษฎีการเรียนรู้มารองรับ ซึ่งได้รับการพิสูจน์ และตรวจสอบว่ามีประสิทธิภาพในการสอนให้นักเรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยต้องแสดงถึงความสัมพันธ์ของหลักการ วัตถุประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการสอน การวัดประเมินผล ตลอดจนกิจกรรมต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

4.2 องค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ผู้วิจัยได้ศึกษาองค์ประกอบที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2555, น. 222) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ปรัชญา แนวคิด ทฤษฎี หรือหลักการพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) คำอธิบายลักษณะหรือสภาพของการจัดการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับหลักการที่ยึดถือ

3) การจัดระบบ โดยเป็นการจัดองค์ประกอบ เรียงลำดับ และจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ชี้นำให้นักเรียนเป็นไปตามเป้าหมายของกระบวนการนั้น ๆ

4) คำอธิบายเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการสอนที่ช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงสุด

Joyce and Weil (2003, p. 84) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่า ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ที่มาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย เป้าหมาย หลักการ และข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ คำอธิบายบทบาทของครูและนักเรียน หลักการในการตอบสนองของครูเพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเงื่อนไขที่จำเป็นในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ

3) วิธีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ทั้งคำแนะนำ ความเหมาะสมของเนื้อหาและรับดับของผู้เรียน

4) ผลทางตรงและทางอ้อมที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่กล่าวถึงผลที่เกิดขึ้นต่อนักเรียนเมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้

Maheshwari and Maheshwari (2013) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่าประกอบด้วย 6 องค์ประกอบ ดังนี้

1) เป้าหมาย ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่สุดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยเป็นความคาดหวังที่ต้องการให้เกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการลำดับกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้

3) หลักการในการตอบสนองของครู โดยประกอบด้วยการระบุแนวทางการตอบสนองของครูต่อนักเรียน และแนวทางในการเลือกกิจกรรมที่ใช้

4) ระบบทางสังคม โดยประกอบด้วยการระบุบทบาทหน้าที่ของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ และการเลือกเทคนิควิธีการในการกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน

5) ระบบสนับสนุน โดยประกอบไปด้วยการระบุสื่อการเรียนรู้ ทักษะความสามารถของครู และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่สนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ตามเป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

6) การนำไปใช้และผลที่เกิดขึ้น โดยเป็นการระบุผลที่จะเกิดขึ้นต่อนักเรียนเมื่อนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ ทั้งในด้านของความรู้ความจำและทักษะที่จะเกิดขึ้น

จากองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษาได้นำเสนอไว้ข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และสังเคราะห์ความคล้ายคลึงกันระหว่างองค์ประกอบของ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักวิจัยและนักการศึกษาแต่ละท่าน พบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยส่วนของแนวคิด ทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ มีการระบุเป้าหมาย ระบุมีลำดับขั้นตอนและคำอธิบายขั้นตอนต่าง ๆ มีการระบุบทบาทของครูและนักเรียน มีส่วนของระบบสนับสนุนต่าง ๆ ที่ระบุว่า ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องใช้สื่อการเรียนรู้อะไรหรือใช้เทคนิคใด นอกจากนี้ยังมีส่วนของคำอธิบายแนวทางในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้หรือคำอธิบายของผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ จากการสังเคราะห์ข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้ในงานวิจัยนี้ได้ 4 องค์ประกอบ คือ

1) แนวคิดพื้นฐานของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เกิดขึ้นจากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) จุดมุ่งหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นการบอกว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีจุดมุ่งหมายสำคัญอย่างไร หรือเมื่อนำไปใช้แล้วจะสามารถส่งเสริมหรือพัฒนาทักษะหรือความสามารถใดของนักเรียน

3) ขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ เป็นการอธิบายรายละเอียดของการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนไปใช้ ตลอดจนรายละเอียดของเทคนิคการจัดการเรียนรู้ และสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบกิจกรรมการเรียนรู้

4) บทบาทของครูและนักเรียน เป็นการให้รายละเอียดหรือแนวปฏิบัติของครูและนักเรียนในขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4.3 กระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมามีนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่าน ได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบต่าง ๆ ขึ้น และนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในบริบทที่หลากหลาย ทั้งนี้นักวิจัยและนักการศึกษาแต่ละท่านได้นำเสนอกระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถค้นคว้าและสรุปรายละเอียดได้ดังนี้

วารินทร์ รัศมีพรหม (2542, น. 47) ได้กล่าวถึงการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาและความต้องการของนักเรียน ตลอดจนการวิเคราะห์กิจกรรม ภาระงาน และทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การพัฒนา เป็นขั้นตอนที่มีการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลต่าง ๆ ตามเป้าหมายที่วางไว้

3) การนำไปใช้ เป็นขั้นตอนที่มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ กิจกรรม และเครื่องมือวัดประเมินผลต่าง ๆ ไปใช้

4) การประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้นำไปสู่การปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพ และรายงานผลที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้

ทิศนา แขมมณี (2551, น. 201) ได้กล่าวถึงการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่าประกอบด้วย 10 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดจุดมุ่งหมาย เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาเอกสารและกำหนดเป้าหมายของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาเอกสารที่ต่าง ๆ เพื่อกำหนดองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจน

3) การศึกษาสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้อง เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาบริบทหรือสภาพปัญหาจริง เพื่อค้นพบปัจจัยบางประการหรือองค์ประกอบบางอย่างที่สนับสนุนให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้จริง

4) การกำหนดองค์ประกอบ เป็นขั้นตอนที่มีการกำหนดเป็นองค์ประกอบของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และพิจารณาปัจจัยที่สนับสนุนให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายที่วางไว้

5) การจัดกลุ่มองค์ประกอบ เป็นขั้นตอนที่มีการจัดระบบขององค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้สะดวกต่อการคิดวิเคราะห์และการดำเนินการต่อไป

6) การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ เป็นขั้นตอนที่มีการพิจารณาและเรียงลำดับของแต่ละองค์ประกอบอย่างสมเหตุสมผล

7) การจัดผัง เป็นขั้นตอนที่มีการพิจารณาความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบแล้วเขียนแผนผังจำลองความเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ

8) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการทดลองใช้

9) การประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่มีการพิจารณาถึงผลจากการทดลองใช้ว่า บรรลุหรือใกล้เคียงกับเป้าหมายที่กำหนดมากน้อยเพียงใด

10) การปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่มีการพัฒนา ปรับปรุงหรือแก้ไขให้รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

Thiagarajan et al. (1974, p. 5) ได้เสนอกระบวนการในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วย 4D model ดังนี้

1) การกำหนด (Define) เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดเป้าหมายในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การออกแบบ (Design) เป็นขั้นตอนที่มีการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนด ทั้งการออกแบบเค้าโครงร่างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนสื่อการเรียนรู้ที่ใช้

3) การพัฒนา (Develop) เป็นขั้นตอนที่มีการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือสื่อประกอบต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้ มีการพิจารณาและประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้

4) การเผยแพร่ (Disseminate) เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจนมีคุณภาพที่ดี และนำไปเผยแพร่เป็นลำต่อไป

Johnson and Foa (1996, p. 21) ได้กล่าวถึงกระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การกำหนดจุดมุ่งหมาย เป็นขั้นตอนในการศึกษาเอกสารและกำหนดเป้าหมายของการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การออกแบบ เป็นขั้นตอนที่มีการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่กำหนด

3) การทดลองใช้ เป็นขั้นตอนที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ เพื่อหาประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

4) การประเมิน เป็นขั้นตอนที่มีการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อการพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น

จากการศึกษาเพิ่มเติม พบว่า มีนักวิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and development) โดยได้กำหนดขั้นตอนไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

ในงานวิจัยของ ธนาวุฒิ ลาตวงษ์ (2559, น. 63) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และกำหนดกระบวนการในการพัฒนาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เป็นการศึกษาสภาพปัญหา ความเป็นมา แนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ ที่นำไปสู่การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การพัฒนา เป็นการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย พร้อมทั้งทำการตรวจสอบคุณภาพ

3) การศึกษานำร่อง เป็นการศึกษาปัญหาและอุปกสรรคในการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพไปทดลองใช้

4) การนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง เป็นการศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง

ในงานวิจัยของ กิตติศักดิ์ เกตุนุติ (2559, น. 79) ได้ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ B-R-A-I-N เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิจารณญาณของเด็กปฐมวัย โดยได้กำหนดกระบวนการในการพัฒนาไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1) การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ทั้งทฤษฎี สภาพปัจจุบัน ความต้องการเกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาและการออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การกำหนดหลักการ เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และองค์ประกอบต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐาน

3) การกำหนดแนวทางการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ทั้งหลักการ วิธีการ เงื่อนไขต่าง ๆ ที่ทำให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

4) การประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยทำการการประเมินความเป็นไปได้เชิงทฤษฎีโดยผู้เชี่ยวชาญ และประเมินความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติโดยการนำไปทดลองใช้ในสถานการณ์จริง

5) การปรับปรุงรูปแบบการสอน ทั้งในช่วงก่อนและหลังทดลองใช้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ในงานวิจัยของ Karyadi et al. (2018, p. 2) ที่ทำการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เขตการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมในมหาวิทยาลัยเบงกูลูเป็นแหล่งเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ได้กำหนดกระบวนการในการพัฒนาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การศึกษาหลักสูตรการจัดการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

2) การศึกษาบริบทและความคาดหวังในการจัดการเรียนรู้

3) การออกแบบรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยให้สอดคล้องกับบริบทและความคาดหวัง

4) การทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน ก่อนนำไปใช้ในการพัฒนาทักษะหรือความสามารถตามเป้าหมายของรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ถึงแม้ว่านักวิจัยและนักการศึกษาบางท่านจะไม่ได้ระบุอย่างชัดเจนว่า การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการพัฒนาในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ของนักวิจัยอีกหลายท่านที่ระบุอย่างชัดเจนแล้วนั้น จะสังเกตได้ว่ากระบวนการพัฒนามีลักษณะสำคัญและลำดับขั้นตอนที่คล้ายคลึงกัน โดยเริ่มต้นด้วยการศึกษาทั้งทฤษฎี สภาพปัญหา หรือความต้องการต่าง ๆ ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เมื่อทราบข้อมูลพื้นฐานแล้วจะทำการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับข้อมูลพื้นฐานที่วิเคราะห์ได้ แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและทดลองใช้เพื่อให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ในส่วนสุดท้ายคือการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริงตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

จากข้อมูลในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ข้างต้น สามารถสรุปเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ว่าการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ มีการดำเนินงานวิจัยในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน เป็นขั้นตอนที่มีการศึกษาวิเคราะห์สภาพปัญหาเพื่อให้ได้ข้อมูลหรือแนวคิดพื้นฐาน และความมุ่งหมายในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เป็นขั้นตอนที่กำหนดโครงร่างของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนกิจกรรม และเครื่องมือวัดประเมินผลที่เกี่ยวข้อง จากนั้นดำเนินการสร้างและพัฒนาส่วนต่าง ๆ ตามที่ได้ออกแบบไว้

3) การทดลองใช้และปรับปรุง เป็นขั้นตอนที่มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ และนำผลจากการทดลองใช้มาปรับปรุงให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

4) การนำไปใช้จริงและประเมินผล เป็นขั้นตอนที่มีการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมายที่กำหนด แล้วนำข้อค้นพบมาปรับปรุงและประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้

4.4 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าวของนักเรียน โดยพิจารณาจากผลคะแนนสอบโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) ด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งในปี ค.ศ. 2015 และปี ค.ศ. 2018 ที่ทำการวัดและประเมินผลกับนักเรียนที่มีอายุ 15 ปีบริบูรณ์ ที่พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) โดยมีคะแนนในสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์น้อยกว่าสมรรถนะอื่น ๆ (OECD, 2015; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 84) เช่นเดียวกับงานวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านที่ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถนี้ของนักเรียน พบว่า ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และองค์ประกอบที่นักเรียนยังมีปัญหามากที่สุด คือ องค์ประกอบของการให้เหตุผล (Oktavianti et al., 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105) เนื่องจากนักเรียนจะต้องอธิบายให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของการนำหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น และต้องอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเข้ามามีส่วนช่วยในการเชื่อมโยงข้อความดังกล่าว (McNeill & Krajcik, 2007, p. 5)

เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่นักวิจัยและนักการศึกษาแต่ละท่าน นำมาใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ประกอบด้วย รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความสนใจ สำรวจตรวจสอบ สร้างแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ (Promsorn, 2019; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี และคณะ, 2561) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบการคิดแบบจำลอง การสังเกต การสะท้อนผล การอธิบาย (จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ, 2558) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทำนาย สังเกต อธิบาย อย่างมีขั้นตอน (กฤตกร สภาสันติกุล, 2559) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่เน้นการอธิบาย (Nawani et al., 2019) รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ (Aldresti et al., 2018) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่

ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง (ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562; สันติชัย อนุวรชัย, 2553; อรยา ใจแจ่ม, 2557) โดยรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 1.4.2

จากนั้นผู้วิจัยนำขั้นตอนของแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้ข้างต้นมาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถนี้ สิ่งที่สังเกตได้ คือ แม้ว่าแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนที่แตกต่างกัน แต่มีลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน 4 ประการ คือ

ประการที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นออกมา โดยมีเป้าหมายในการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และสะท้อนการสร้างข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น โดยไม่สนใจในความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น

ประการที่ 2 สำรวจตรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น

ประการที่ 3 มีการให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ประการที่ 4 มีการลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปสู่การอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงเดิม

ลักษณะสำคัญทั้ง 4 ประการนี้ สะท้อนผ่านพฤติกรรมที่ปรากฏในแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ ดังตาราง 9

ตาราง 9 การเปรียบเทียบพฤติกรรมที่สะท้อนลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แต่ละรูปแบบ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	**พฤติกรรมที่สะท้อนลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้**			
	ประการที่ 1	**ประการที่ 2**	**ประการที่ 3**	**ประการที่ 4**
รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอน (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561)	กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วยสถานการณ์ที่น่าสนใจ	ทำการค้นคว้า ตรวจสอบ ออกแบบการทดลองในประเด็นที่ศึกษา	วิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายนำเสนอ และสร้างคำอธิบายในประเด็นที่ศึกษา	สร้างคำอธิบายของสถานการณ์ใหม่โดยใช้องค์ความรู้ที่มี

ตาราง 9 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมที่สะท้อนลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	ประการที่ 1	ประการที่ 2	ประการที่ 3	ประการที่ 4
รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความสนใจ สำรวจตรวจสอบ สร้างแบบจำลอง และประยุกต์ใช้ (สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี และคณะ, 2561)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นที่น่าสนใจ นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ	ตั้งสมมติฐานในประเด็นที่กำหนด แล้วทำการสำรวจตรวจสอบค้นคว้าข้อมูล	สร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่กำหนด	นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบการคิดแบบจำลอง การสังเกต การสะท้อนผล การอธิบาย (Promsorn, 2019; จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ, 2558)	สร้างแบบจำลองเบื้องต้นเพื่อสะท้อนความรู้เดิมหรือความเข้าใจต่อประเด็นที่กำหนดขึ้น	วางแผนสืบค้นข้อมูลสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลในการสนับสนุนแบบจำลองที่สร้างขึ้น	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านแบบจำลองโดยมีหลักฐาน	นักเรียนสะท้อนผลจากการศึกษาแล้วนำองค์ความรู้มาปรับแก้แบบจำลองให้ถูกต้อง
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การทำนาย สังเกต อธิบาย อย่างมีขั้นตอน (กฤตกร สภาสันติกุล, 2559)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นที่น่าสนใจ และใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้	ทำการทดลองและสังเกตผลการทดลอง	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแลกเปลี่ยนกับเพื่อนร่วมชั้น	สะท้อนผลการเรียนรู้และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของรักเรียน
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนที่เน้นการอธิบาย (Nawani et al., 2019)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นที่น่าสนใจ ระบุคำถามที่ให้นักเรียนได้สร้างเรื่องราวเชิงสาเหตุ	ทำการสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าข้อมูลเพื่อให้ได้หลักฐานมาสนับสนุนคำอธิบายเรื่องราวที่ตนเองสร้างขึ้น	อภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นและปรับแก้คำอธิบายโดยการเขียน	ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ได้ ไปสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสถานการณ์ใหม่

ตาราง 9 (ต่อ)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้	พฤติกรรมที่สะท้อนลักษณะสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนรู้			
	ประการที่ 1	ประการที่ 2	ประการที่ 3	ประการที่ 4
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะแนะนำแบบเน้นกระบวนการ (Aldresti et al., 2018)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นที่น่าสนใจ และทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน	ทำการสังเกต ออกแบบการทดลอง รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	สร้างแนวคิดหรือองค์ความรู้ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ และสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในการอธิบายสถานการณ์ใหม่และสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้
รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยการโต้แย้ง (ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562; สันติชัย อนุวรชัย, 2553; อรยา ใจแจ่ม, 2557)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นที่น่าสนใจ และกำหนดประเด็นศึกษา	ค้นคว้าสำรวจตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง	ทบทวนผลการสำรวจตรวจสอบอภิปรายและสะท้อนผลการเรียนรู้
รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างความรู้พื้นฐาน (อนงรัตน์ แก้วบำรุง, 2554)	นำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นปัญหาและทบทวนความรู้เดิม	ตั้งสมมติฐานทำการทดลองและอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้	สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่กำหนด	สะท้อนคิดและประเมินผลการเรียนรู้ผ่านใบกิจกรรมหรือการทดสอบต่าง ๆ

จากพฤติกรรมที่ปรากฏในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน สะท้อนให้เห็นลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวทั้ง 4 ประการ ที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบเพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ในประเด็นที่

ศึกษาด้วยตนเอง และยังสะท้อนถึงการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

ผู้วิจัยได้สังเคราะห์บทบาทของครูและนักเรียนที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ดังตาราง 10

ตาราง 10 บทบาทของครูและนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะสำคัญ	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นปัญหาที่น่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการคิดวิเคราะห์และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นออกมา เพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน และสะท้อนการสร้างข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น	• นำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ • ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่นำมาเป็นประเด็นศึกษา เพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน	• อธิบาย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และแสดงความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ในลักษณะของข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น
2. สำรวจตรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	• เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าข้อมูล เพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุน • แนะนำนักเรียนให้ปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง	• ทำการสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้าข้อมูล เพื่อใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. ให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นปัญหาที่กำหนด	• แนะนำแนวทางให้นักเรียนนำหลักฐานมาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษา	• สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษาโดยใช้องค์ความรู้หรือหลักฐานที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
4. ลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงเดิม	• เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สรุปองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษา • ระบุคำถามหรือสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม	• สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม โดยประยุกต์ใช้หลักฐาน และองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการค้นคว้า

จากบทบาทของครูและนักเรียนข้างต้น สังเกตได้ว่า บทบาทที่สะท้อนถึงการส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลยังปรากฏออกมาได้ไม่ชัดเจน ซึ่งไม่ปรากฏกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ระบุหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือการประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ ถึงแม้ว่าความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในภาพรวมจะดีขึ้น แต่ในองค์ประกอบการให้เหตุผลนั้น นักเรียนยังคงได้คะแนนต่ำอยู่และต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ (เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561, น. 1749; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 74)

ผู้วิจัยทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคต่าง ๆ ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยสอดแทรกเข้าไปในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ประกอบด้วย เทคนิคการใช้กรอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล (McNeill, 2012; Traut, 2017) เทคนิคการใช้กรอบหลักฐาน การให้เหตุผล และผลลัพธ์ (Tang, 2016) เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (เตชทัต เรืองธรรม, 2559) และเทคนิคการเขียนแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง (Lombardi et al., 2013; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562) โดยการเขียนแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง เป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจนกว่าเทคนิคอื่น ๆ มุ่งเน้นให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบตามกรอบที่กำหนดไว้ โดยเขียนเครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง พร้อมให้เหตุผลประกอบความสัมพันธ์นั้น จนทำให้นักเรียนเขียนองค์ประกอบการให้เหตุผลได้ดียิ่งขึ้น และสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมที่ดีและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น (พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 80)

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดพื้นฐานที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลสำคัญใน 3 ส่วน ดังนี้

1. การศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย โดยพบว่านักเรียนไทยมีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และองค์ประกอบที่นักเรียนมีปัญหา มีคะแนนต่ำ และส่งผลต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม คือ การให้เหตุผล ดังนั้น ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้จึงต้องออกแบบให้มีเทคนิคหรือวิธีการที่สามารถพัฒนาองค์ประกอบของการให้เหตุผลเป็นสำคัญ

2. การศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในระยะเวลาที่ผ่านมา โดยพบว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมายังมีกิจกรรมหรือเทคนิคที่ส่งเสริมขององค์ประกอบการให้เหตุผลไม่ชัดเจน และเมื่อพิจารณาภาพรวมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ทำให้พบลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียน 4 ประการ ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง คือ 1) มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ 2) มีการสำรวจตรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) มีการให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 4) มีการสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ ซึ่งผู้วิจัยจะนำลักษณะสำคัญเหล่านี้มาเรียงลำดับและพัฒนาเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ภายในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นต่อไป

3. การศึกษาเทคนิคที่นักวิจัยและนักการศึกษาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน พบว่าแต่ละเทคนิคช่วยชี้นำและส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ แต่อาจส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลได้ไม่ชัดเจนมากนัก ในขณะที่เทคนิคที่สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลได้เด่นชัดที่สุด คือ เทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่มีการใช้เครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างพร้อมให้เหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุน ซึ่งผู้วิจัยจะนำเทคนิคการจัดการเรียนรู้นี้เข้ามาแทรกเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนภายในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลให้ชัดเจนต่อไป

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมาย วิธีการวัดประเมินผล ตลอดจนเครื่องมือวัดและประเมินที่เกี่ยวข้อง โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นคุณลักษณะหรือความสามารถทางด้านสติปัญญาที่เกิดขึ้นจากการได้รับประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมผ่านกระบวนการต่าง ๆ ทั้งการจัดการเรียนรู้ การฝึกฝน การค้นคว้า และการอบรม (Cahyono & Haryanto, 2016, p. 22; Djamarah, 2011, p. 19; จารุวรรณ เชื้อแสง, ดวงใจ สีเขียว, และสุณิสา สุมิรัตนะ, 2559, น. 35; ทิศนา แขมมณี, 2544, น. 113; มาเรียม วัทนาด, 2559, น. 54; วรชัย สุทธไชย และสมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, 2559, น. 17) ภายหลังจากที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่แสดงออกถึงความสามารถที่บางสิ่งบางอย่างได้ จากที่ไม่เคยกระทำมาก่อนหรือกระทำได้น้อย (Cahyono & Haryanto, 2016, p. 22; มาเรียม วัทนาด, 2559, น. 54; วรชัย สุทธไชย และสมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, 2559, น. 17) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจมีความแตกต่างกันตามความสามารถของแต่ละบุคคล ซึ่งสามารถสังเกตหรือวัดประเมินผลได้จากการทดสอบ (Good, 1973, p. 7; จารุวรรณ เชื้อแสง และคณะ, 2559, น. 35; ทิศนา แขมมณี, 2544, น. 113; วรชัย สุทธไชย และสมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, 2559, น. 17)

โดยสรุปแล้ว ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ที่ได้รับจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ การศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการได้รับประสบการณ์ทางตรงและทางอ้อม จนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมด้านการเรียนเรียนรู้ที่สามารถวัดและประเมินผลได้จากการทดสอบ

5.2 การวัดประเมินพฤติกรรมด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีเข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการค้นคว้าข้อมูล และแสวงหาความรู้จากวิธีการสังเกตและการสำรวจตรวจสอบ จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่ได้มาด้วยตนเองเป็นหลัก และนำความรู้ความเข้าใจไปประยุกต์ใช้ในเกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3) การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น จึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้ตรวจสอบความสามารถหรือศักยภาพของนักเรียนอันเกิดจากกระบวนการเรียนรู้ (จารุวรรณ เชื้อแสง และคณะ, 2559, น. 35; วรชัย สุทธไชย และสมปรารถนา วงศ์บุญหนัก, 2559, น. 17) ผลลัพธ์ที่ได้นั้น ช่วยให้ครูผู้สอนได้ติดตามผลสำเร็จที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียนว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ และทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้มากหรือน้อยเพียงใด (จิรกิตติ์ เนาวพงศ์รัตน์, 2562, น. 47; ฐิติยา เกตุคำ, 2551, น. 43)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557b, p. 10) กล่าวว่า การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเป้าหมายสำคัญในการสะท้อนผลของความสามารถของนักเรียนที่ได้รับจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ ทั้งด้านความรู้ความคิด ด้านกระบวนการเรียนรู้ และด้านเจตคติ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับการจำแนกการเรียนรู้ตามทฤษฎีของบลูม (Bloom's Taxonomy) ที่แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ที่เป็นพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนที่แสดงออกมาในเรื่องที่ศึกษา ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) ที่เป็นพฤติกรรมของนักเรียนในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) ที่เป็นความรู้สึกและทัศนคติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ (Bloom, 1956, p. 7) โดยในแต่ละด้านมีเป้าหมายของการวัดและประเมินผลตลอดจนพฤติกรรมที่แสดงออก ดังต่อไปนี้

3.2.1 **ด้านพุทธิพิสัย** เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อสะท้อนความรู้ในหลักการ ทฤษฎี แนวคิดหลัก หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนของนักเรียน สามารถประเมินได้จาก 6 พฤติกรรม ดังนี้

1) ความรู้ความจำ เป็นความสามารถของนักเรียนในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ แสดงออกด้วยการบอกถึงคำจำกัดความหรือนิยาม เล่าเหตุการณ์ ตลอดจนการระบุชื่อหรือสัญลักษณ์ที่เรียนรู้มาก่อนแล้ว

2) ความเข้าใจ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการอธิบาย ตีความ ขยายความ แสดงความสัมพันธ์ เปรียบเทียบ จัดหมวดหมู่ ตลอดจนการอ่านแผนภาพ กราฟ หรือแผนภูมิ

3) การนำไปใช้ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

4) การวิเคราะห์ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการแยกแนวคิดหลักต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อย ๆ ที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

5) การสังเคราะห์ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกได้ด้วยการสร้างองค์ความรู้ใหม่จากข้อมูลหรือองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่รวบรวมได้

6) การประเมินค่า เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการตัดสินใจเลือกโดยใช้ดุลพินิจ เพื่อหาคุณค่าของสิ่งนั้น ๆ

3.2.2 **ด้านทักษะพิสัย** เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อสะท้อนทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการลงมือปฏิบัติจริง โดยครอบคลุมถึงการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร และการนำความรู้ไปใช้ สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมดังนี้

1) การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการให้ความสนใจในเรื่องที่ศึกษา มีการสำรวจค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ และการประเมิน

2) การแก้ปัญหา เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการทำความเข้าใจกับปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถวางแผนในการแก้ปัญหา มีการลงมือแก้ปัญหาและประเมินผลการแก้ปัญหา และสามารถนำวิธีการแก้ปัญหาไปประยุกต์ใช้กับปัญหาอื่น

3) การสื่อสาร เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการแสดงความคิดเห็นในสิ่งที่ศึกษา มีการสื่อสารสิ่งที่ต้องการออกมาอย่างเหมาะสม สามารถอธิบายและสรุปสิ่งที่ได้จากการสืบค้น และสามารถสาธิตหรือนำเสนอผลงานด้วยวิธีการต่าง ๆ ได้

4) การนำความรู้ไปใช้ เป็นความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยมีการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถนำเทคโนโลยีมาช่วยในการออกแบบและแก้ปัญหา สามารถรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และเลือกใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

3.2.3 **ด้านจิตพิสัย** เป็นการวัดและประเมินผลเพื่อสะท้อนลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจอันเกิดจากการเรียนรู้ โดยพฤติกรรมที่แสดงออกด้านเจตคติมีดังนี้

1) การรับรู้ เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการให้ความสนใจต่อสิ่งเร้าด้วยความตั้งใจ

2) การตอบสนอง เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างกระตือรือร้น

3) การเห็นคุณค่า เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการให้ความรู้สึกชอบ หรือเชื่อในคุณค่าของสิ่งที่ได้เรียนรู้

4) การจัดระบบ เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการจัดกลุ่ม จัดลำดับ เปรียบเทียบ หรือบูรณาการเจตคติกับคุณค่าเพื่อนำไปใช้หรือปฏิบัติ

5) การสร้างคุณลักษณะ เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกด้วยการเลือกที่จะปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

โดยสรุปแล้ว การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นกระบวนการที่ใช้ตรวจสอบความสามารถหรือศักยภาพของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้ มีเป้าหมายสำคัญในการสะท้อนผลของความสามารถทางด้านสติปัญญาของนักเรียนทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย อันเกิดขึ้นจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ ในด้านพุทธิพิสัยมีเป้าหมายในการสะท้อนความรู้ในหลักการ ทฤษฎี แนวคิดหลัก หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน ในด้านทักษะพิสัยมีเป้าหมายในการสะท้อนทักษะกระบวนการต่าง ๆ อันเกิดขึ้นจากการเรียนรู้ และในด้านจิตพิสัยมีเป้าหมายในการลักษณะนิสัยหรือความรู้สึกทางจิตใจ ว่านักเรียนมีพฤติกรรมในการรับรู้ การตอบสนอง การเห็นคุณค่า การจัดระบบ และมีการสร้างคุณลักษณะเป็นอย่างไรหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกทำการวัดเฉพาะด้านพุทธิพิสัยใน 3 พฤติกรรม คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้ เนื่องจากเป็นพฤติกรรมที่สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชามาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่มีเป้าหมายให้นักเรียนเข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งไม่มีชีวิต การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ปัญหา ผลกระทบ และแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5.3 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือวัดความรู้ความสามารถของนักเรียนที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ว่าบรรลุผลตามเป้าหมายของการเรียนมากน้อยเพียงใด (พิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2552, น. 98; สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2553, น. 73) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน และยังทำให้ครูผู้สอนได้ทราบถึงพัฒนาการในการเรียนรู้นักเรียน และระดับความสามารถของนักเรียนอันเกิดจากการเรียนรู้อีกด้วย (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, น. 165)

ล้วน สายยศ and อังคณา สายยศ (2540, น. 15) และ สมนึก ภัททิยธนี (2546, น. 78) ได้แบ่งแบบวัดดังกล่าวออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบทั่วไปและแบบมาตรฐาน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบทั่วไป มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่ครูผู้สอนเป็นผู้สร้างขึ้นเพื่อสะท้อนความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนว่ามีความรู้ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด และใช้ข้อมูลเหล่านี้มาประกอบการสอนซ่อมเสริมหรือประเมินความพร้อมของนักเรียนก่อนเข้าสู่บทเรียนใหม่

2) แบบวัดมาตรฐาน มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา หรือสร้างขึ้นจากครูผู้สอนในรายวิชานั้น ๆ แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนกลายเป็นแบบวัดที่มีคุณภาพดี จากนั้นจึงมีการสร้างเกณฑ์ปกติของแบบวัดเพื่อเป็นหลักในการเปรียบเทียบหรือประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องนั้น ๆ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557a, น. 21) และ สมนึก ภัททิยธนี (2553, น. 73) ได้แบ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ออกเป็นหลายรูปแบบ ดังนี้

1) แบบวัดแบบอัตนัย มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เขียนอธิบายคำตอบอย่างเสรีตามความรู้ ความเข้าใจ และข้อคิดเห็นของตนเอง นักเรียนอาจต้องใช้ระยะเวลาในการเขียนตอบนาน จึงทำให้การวัดได้อย่างคลอบคลุมเนื้อหาทำได้ยาก

2) แบบวัดแบบถูกผิด มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่กำหนดคำตอบมาให้ 2 ตัวเลือกที่ตรงข้ามกัน เช่น ถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช้ จริงหรือไม่จริง เหมือนกันหรือแตกต่างกัน เป็นต้น

3) แบบวัดแบบเติมคำ มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่ปรากฏข้อความหรือประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้เลือกคำตอบมาเติมเพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องหรือสมบูรณ์

4) แบบวัดแบบตอบสั้น มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่ให้นักเรียนเขียนคำตอบแบบสั้น ๆ เพื่อให้ข้อความเหล่านั้นมีความถูกต้องและสมบูรณ์ โดยคำตอบที่เขียนจะไม่มีการบรรยายเหมือนแบบวัดแบบอัตนัย หรือเขียนคำลงไปเติมเหมือนแบบวัดแบบเติมคำ

5) แบบวัดแบบจับคู่ มีลักษณะเป็นข้อคำถามซึ่งมีข้อความ 2 ชุด โดยนักเรียนจะต้องจับคู่ข้อความชุดที่สัมพันธ์กันเข้าด้วยกันตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6) แบบวัดแบบเลือกตอบ มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่กำหนดตัวเลือกหลายตัวเลือกมาเป็นคำตอบให้กับนักเรียน สามารถวัดได้คลอบคลุมเนื้อหาโดยใช้ระยะเวลาทำไม่นาน

7) แบบวัดแบบผสมผสาน เป็นการผสมผสานแบบวัดแต่ละแบบข้างต้นเข้าด้วยกัน

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ทั้งการวัดพฤติกรรมในด้านความรู้ความคิด กระบวนการเรียนรู้ หรือแม้กระทั่งเจตคติ นอกจากจะต้องมีการใช้เครื่องมือวัดที่มีคุณภาพแล้ว จะต้องมีเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ชัดเจน ไม่ว่าเกณฑ์รวม ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อประเมินการเรียนรู้ในภาพรวม เพื่อสรุปและรายงานผลในส่วนที่เป็นประเด็นสำคัญ และเกณฑ์ย่อย ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียด เพื่อให้ได้แนวทางการพัฒนาผู้เรียนเฉพาะจุดอย่างต่อเนื่อง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557a, น. 17)

โดยสรุปแล้ว แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องวัดความรู้ ความสามารถหรือความสำเร็จที่นักเรียนได้รับจากการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ ซึ่งมีหลายรูปแบบและต้องสร้างขึ้นให้มีคุณภาพและมีเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนานักเรียนได้อย่างตรงประเด็น

จากศึกษาเกี่ยวกับความหมายและการวัดประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตลอดจนการศึกษาเกี่ยวกับแบบวัดดังกล่าวที่กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนที่เกิดขึ้นจากการได้รับการจัดการเรียนรู้ จนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมใน 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย ที่สามารถวัดและประเมินได้ผ่านแบบวัดผลสัมฤทธิ์ในรูปแบบต่าง ๆ

ในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นไปที่การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ใน 3 ระดับพฤติกรรม คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้เท่านั้น โดยไม่พิจารณาด้านทักษะพิสัย และจิตพิสัยร่วมด้วย เพื่อให้สอดคล้องกับคำอธิบาย มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดของรายวิชา ที่เน้นการอธิบาย ยกตัวอย่าง และเสนอแนวทางในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยเลือกใช้เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในลักษณะแบบวัดแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เนื่องจากสามารถวัดได้คลอบคลุมเนื้อหาของรายวิชาโดยที่นักเรียนใช้ระยะเวลาในการทำแบบวัดไม่นานมาก มีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบลวง จึงสามารถสะท้อนพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้ชัดเจน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ดำเนินงานวิจัยในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ใน 3 วงรอบ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R1)

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D1)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้ (R2) และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D2)

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้จริง (R3) และประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D3)

ในการดำเนินการเพื่อตอบคำถามการวิจัยทั้ง 2 ข้อ คือ 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะเป็นอย่างไร และ 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นส่งผลต่อความสามารถดังกล่าว และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างไร ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ 5 ข้อ คือ

1) เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

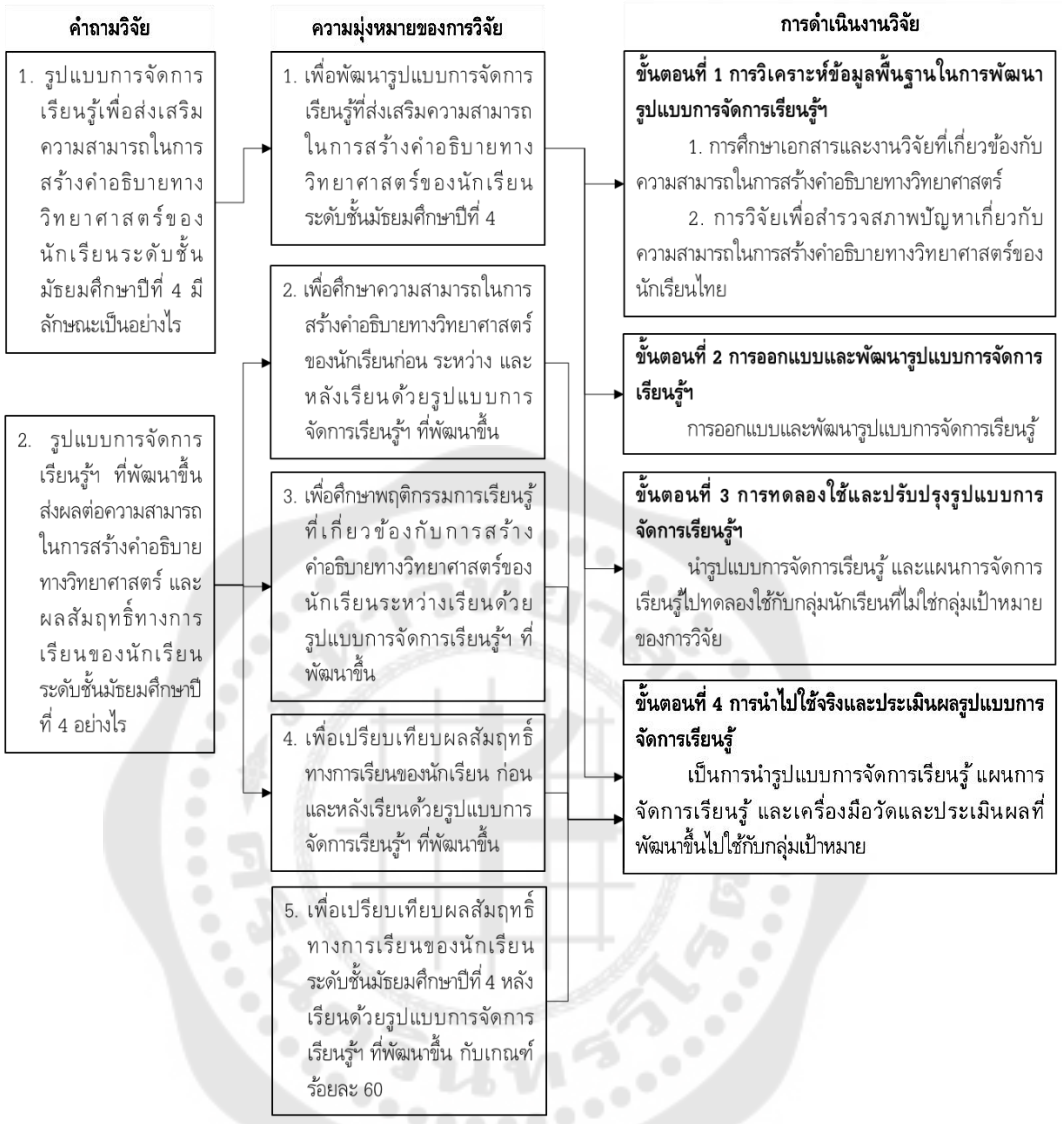
2) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อน ระหว่าง และหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

3) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

5) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น กับเกณฑ์ร้อยละ 60

ผู้วิจัยได้วางแผนในการดำเนินการวิจัยแต่ละขั้นตอนให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายของการวิจัย และตอบคำถามของการวิจัย โดยมีการดำเนินการวิจัย ดังภาพ 12



ภาพประกอบ 12 การดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และทำการสำรวจเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ โดยดำเนินการใน 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นการดำเนินการวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งแนวคิด ทฤษฎี ปัญหาของความสามารถดังกล่าวของนักเรียน รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถนี้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาความหมาย ความสำคัญ และองค์ประกอบของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาสามารถสรุปใจความได้ว่า ความสามารถดังกล่าวเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาอย่างลึกซึ้ง เกิดการรู้วิทยาศาสตร์ และส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น โดยเป็นพฤติกรรมของนักเรียนในการเขียนหรือพูดอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง เป็นข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล เป็นข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างและความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างที่กับหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ (McNeill & Krajcik, 2008a, p. 123; Songer & Gotwals, 2012, p. 147; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 3; สันติชัย อนุวรชัย, 2557, น. 103)

2. ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยทำการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าวจากผลคะแนนสอบโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ ทั้งในปี ค.ศ. 2015 และ ปี ค.ศ. 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยขององค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ โดยมีคะแนนในสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์น้อยกว่าสมรรถนะอื่น ๆ ประกอบกับงานวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านที่พบว่า นักเรียนมีความสามารถนี้อยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก และองค์ประกอบที่นักเรียนยังมีปัญหามากที่สุด คือ การให้เหตุผล (Oktavianti et al., 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 115)

3. ศึกษารูปแบบการเรียนรู้และเทคนิคที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยทำการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวจากงานวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่าน เพื่อให้ทราบขั้นตอน ตลอดจนบทบาทของครูและนักเรียน แล้วสังเคราะห์เป็นลักษณะสำคัญและข้อจำกัดร่วมของแต่ละรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ในขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ศึกษาเทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียน เพื่อให้ได้เทคนิคที่เหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ส่วนที่ 2 การวิจัยเพื่อสำรวจสภาพปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย เป็นการดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สะท้อนปัญหาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนไทย โดยมีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในระยะแรก เพื่อสำรวจสภาพปัญหาของนักเรียนเบื้องต้น เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี ปีการศึกษา 2562 จำนวน 2,825 คน (ข้อมูลจากสำนักงานศึกษาธิการจังหวัดเพชรบุรี ณ วันที่ 10 มิถุนายน 2562)

1.2 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี ปีการศึกษา 2562 จำนวน 231 คน ที่ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างจากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ โดยไม่ได้เป็นนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษาสำหรับการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง ทั้งนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตั้งเป้าหมายไว้ คือ 350 คน แต่มีผู้สมัครใจตอบรับเข้าร่วมวิจัย 231 คน คิดเป็นร้อยละ 66.00 แบ่งเป็นนักเรียนจากโรงเรียนขนาดเล็ก จำนวน 56 คน ขนาดกลาง จำนวน 73 คน และขนาดใหญ่ จำนวน 102 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยเป็นแบบวัดอัตนัยไม่จำกัดคำตอบ จำนวน 10 ข้อ ที่ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตรศึกษาและความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถดังกล่าว แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้ต้องมีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190) ซึ่งค่า IOC ของทุกข้อคำถามมีค่าเท่ากับ 1.00 จึงผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ภายหลังจากการตรวจสอบหลักฐานของความเที่ยงตรงด้านโครงสร้างภายในโดยผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองที่ไม่ได้เป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 120 คน เพื่อตรวจสอบความยาก (Difficulty) อำนาจจำแนก (discrimination) และความเชื่อมั่นของผลการวัดของเครื่องมือ (Reliability) ก่อนนำมาใช้จริง โดยเครื่องมือที่มีคุณภาพต้องมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 มีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป และมีความเชื่อมั่นมากกว่า 0.70 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 185) จากผลการทดลองใช้พบว่า แบบวัดที่สร้างขึ้นมีค่า

ความยากอยู่ในช่วง 0.26 – 0.47 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.52 – 0.93 ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสม และมีค่าความเชื่อมั่นจากผลการวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.876 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเริ่มจากการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เมื่อได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียน ผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัย การไม่เปิดเผยใดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งขอความยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ จากนั้นนำแบบวัดความสามารถฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 10 ข้อ ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้ ก่อนนำมาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์ผลของความสามารถดังกล่าวของนักเรียนต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแยกตามองค์ประกอบ ใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ (Percentage) เพื่อแสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่แสดงพฤติกรรมในแต่ละองค์ประกอบ จำแนกตามเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008b) ดังตาราง 11

ตาราง 11 ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แยกตามองค์ประกอบ สำหรับวิเคราะห์ผลการสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	**ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์**		
	0 คะแนน	**1 คะแนน**	**2 คะแนน**
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุไม่ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง	แสดงหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรืออาจมีบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	มีการแสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่มีการให้เหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง	มีการอ้างถึงหลักฐานและเชื่อมโยงสู่ข้อกล่าวอ้าง มีการให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่อาจไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลที่เหมาะสม มีการอ้างถึงหลักฐานและเชื่อมโยงสู่ข้อกล่าวอ้าง

ที่มา: McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 45*(1), 53-78.

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมของนักเรียน จะใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยผู้วิจัยกำหนดการแปลความหมายของค่าเฉลี่ยเป็นระดับความสามารถใน 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยแบ่งคะแนนเต็มจากการทำแบบวัดฯ จำนวน 10 ข้อ ข้อละ 6 คะแนน ที่ประกอบด้วยการรวมคะแนนองค์ประกอบย่อย องค์ประกอบละ 6 คะแนน รวมเป็นคะแนนเต็ม 60 คะแนน ออกเป็น 3 ช่วงเท่า ๆ กัน ดังนี้

0 – 20 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับต่ำ

21 – 40 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

41 – 60 คะแนน หมายถึง นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับสูง

ขั้นตอนที่ 2 การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำแนวคิดพื้นฐานที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานประกอบด้วยปัญหาของนักเรียนไทยเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าว ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้และเทคนิคต่าง ๆ ตลอดจนการวิจัยเพื่อสำรวจความสามารถดังกล่าวนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มาสังเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

2. จัดทำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ตามแนวคิดพื้นฐานที่ได้จากศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และผลการสำรวจของผู้วิจัย จนได้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่สามารถส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลได้อย่างชัดเจน นำไปสู่การพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในภาพรวมในสมบูรณ์และดียิ่งขึ้น

3. เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น กับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ ประกอบด้วย ความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน

ความสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน ตลอดจนความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมและขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งด้านของภาษา บทบาทของครูและนักเรียน ความเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ

4. นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมิน ดังนี้

4.1 การตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นกับประเด็นพิจารณาต่าง ๆ ประกอบด้วย ความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ความสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน ตลอดจนการมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ โดยผู้เชี่ยวชาญประเมินใน 3 ระดับ คือ +1 หมายถึง สอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง พร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วนำผลการประเมินมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) หัวข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190)

4.2 การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมและขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งด้านของภาษา บทบาทของครูและนักเรียน ความเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนการนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert rating scale) 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย และ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103) ดังนี้

4.51 – 5.00	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

5. นำข้อเสนอแนะที่ได้รับ มาปรับปรุงและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในแต่ละขั้นตอนให้สมบูรณ์และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ โดยได้ทำการออกแบบและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีขั้นตอนที่สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษามาตรฐานและตัวชี้วัดรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชา ซึ่งมาตรฐานและตัวชี้วัดที่ใช้จัดการเรียนรู้ในงานวิจัยนี้ คือ มาตรฐาน ว 1.1 ที่ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด คือ

ตัวชี้วัด ม.4/1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอม และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ

ตัวชี้วัด ม.4/2 สืบค้นข้อมูล อภิปรายสาเหตุ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ

ตัวชี้วัด ม.4/3 สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ตัวชี้วัด ม.4/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

2. ออกแบบแผนและกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้ โดยเป็นเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม จำนวน 7 แผน โดยมีรายละเอียด ดังตาราง 12

ตาราง 12 การกำหนดหน่วยการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา	ประเด็นที่ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
1	ไบโอม	ม.4/1 สืบค้นข้อมูลและอธิบายความสัมพันธ์ของสภาพทางภูมิศาสตร์บนโลกกับความหลากหลายของไบโอม และยกตัวอย่างไบโอมชนิดต่าง ๆ	ไบโอม เป็นระบบนิเวศใด ๆ ที่มีองค์ประกอบทางกายภาพและชีวภาพเหมือนกัน ระบบนิเวศบนโลกมีหลายแบบขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น ๆ	3 คาบ	ไฟไหม้ป่าแอมะซอนกับน้ำแข็งขั้วโลกละลายที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
2	การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	ม.4/2 สืบค้นข้อมูลอภิปรายสาเหตุ และยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	การเปลี่ยนแปลงแทนที่เป็นการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เป็นเวลานาน ซึ่งเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ ทางกายภาพและทางชีวภาพ ส่งผลให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปสู่สมดุลจนเกิดสังคมสมบูรณ์	2 คาบ	การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศในพื้นที่ป่า
3	องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ	ม.4/3 สืบค้นข้อมูลอธิบายและยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิต	องค์ประกอบทางชีวภาพเป็นองค์ประกอบที่มีชีวิตในระบบนิเวศ ประกอบด้วย ผู้ผลิต ผู้บริโภค และผู้ย่อยสลาย ซึ่งมีการถ่ายทอดพลังงานในลักษณะห่วงโซ่อาหาร	3 คาบ	ผลกระทบจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

ตาราง 12 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา	ประเด็นที่ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4	องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศ	ว 1.1 ม.4/3 สืบค้นข้อมูล อธิบายและยกตัวอย่างเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางกายภาพและทางชีวภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากรสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	องค์ประกอบทางกายภาพเป็นองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิตในระบบนิเวศ ประกอบด้วย อุณหภูมิ แสง น้ำ ความชื้น แก๊ส ความเป็นกรดเบส และแร่ธาตุ ซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น	2 คาบ	การทำเกษตรเชิงเดี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแร่ธาตุในดิน
5	ปัญหามลพิษทางน้ำ	ม.4/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม	เป็นปัญหาทางน้ำ มีสาเหตุมาจากสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำ ทั้งในรูปแบบของแข็งแขวนลอย และในรูปแบบสารละลาย โดยสิ่งเจือปนจะมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามแหล่งกำเนิดมลพิษ	2 คาบ	แนวทางการบำบัดน้ำเสีย
6	มลพิษทางอากาศ	ม.4/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม	มลพิษทางอากาศ เป็นภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลา และก่อให้เกิดอันตราย โดยมีสาเหตุมาจากท่อไอเสียรถยนต์ โรงงานอุตสาหกรรม กิจกรรมด้านการเกษตร และเกิดจากขยะพิษบางชนิด	2 คาบ	มลพิษทางอากาศกับสภาพน้ำเป็นกรด

ตาราง 12 (ต่อ)

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง	เวลา	ประเด็นที่ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
7	ปรากฏการณ์เรือนกระจก	ม.4/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม	ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นภาวะที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น มีสาเหตุจากการที่ปริมาณแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น จนดูดซับรังสีความร้อนไว้ และแผ่กลับมายังผิวโลกและบรรยากาศด้านล่าง	2 คาบ	การทำปศุสัตว์กับปรากฏการณ์เรือนกระจก

3. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามเรื่องที่กำหนด ประกอบด้วย มาตรฐานและตัวชี้วัด สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดประเมินผล และบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ที่บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอน โดยในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้นั้น ออกแบบให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น จำนวน 6 ขั้นตอน คือ ขั้นเปิดประเด็นคำถาม ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง ขั้นค้นหาหลักฐาน ขั้นเขียนแผนภาพ ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล ตลอดจนภาษาและการนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ปรับปรุงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านความรู้ โดยเขียนพฤติกรรมของนักเรียนที่สัมพันธ์กันไว้ด้วยกัน และแยกพฤติกรรมที่แตกต่างกันไว้ในจุดประสงค์ข้อถัดไป

2) ปรับปรุงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยเขียนพฤติกรรมที่ชัดเจน สามารถวัดและประเมินผลตามที่กำหนดไว้ได้

3) ปรับปรุงประเด็นคำถามในขั้นเปิดประเด็นคำถามให้มีความสัมพันธ์และครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

4) ปรับปรุงและเพิ่มเติมตัวอย่างหรือเฉลยกิจกรรมที่คาดว่านักเรียนจะสร้างขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ โดยเฉพาะการเขียนแผนภาพและตัวอย่างของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5) ปรับปรุงคำถามในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อชี้นำให้นักเรียนได้เกิดการเรียนรู้ครอบคลุมตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6) เพิ่มกิจกรรมการนำเสนอและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นได้และคำอธิบาทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นในแต่ละขั้นของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนรู้ในประเด็นที่กำหนด

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตรศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้กับประเด็นพิจารณาต่าง ๆ ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้/สาระการเรียนรู้ สอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด และสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถฯ กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน สื่อและแหล่งการเรียนรู้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และวิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินใน 3 ระดับ คือ +1 หมายถึง สอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง พร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) หัวข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน จึงผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดประเมินผล ตลอดจนภาษาและการนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย และ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากผลการประเมิน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ย ความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.33 – 5.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน และแปลความหมายได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้และขั้นตอนต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก - มากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

6. นำข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบและแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา 1 ห้องเรียน จำนวน 42 คน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพตามชั่วโมงที่กำหนดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลจากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในด้านความเหมาะสมของเนื้อหาที่ใช้ กิจกรรมการเรียนรู้ ระยะเวลาเรียน สื่อ และการวัดและประเมินผล แล้วสรุปปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

ขั้นตอนที่ 4 การนำไปใช้จริงและประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

ในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่นำไปใช้จริงในชั้นเรียน โดยดำเนินการวิจัยโดยใช้แบบแผนการทดลองที่เป็นงานวิจัยแบบผสานวิธี (Mixed-method research) ที่ใช้แบบแผนรองรับภายใน (Embedded design) ซึ่งเป็นการผสานข้อมูลที่ได้จากการวิจัยเชิงปริมาณและการวิจัยเชิงคุณภาพเข้าด้วยกัน แต่ให้ความสำคัญกับชนิดของข้อมูลที่ได้จากการวิจัยอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก (Cohen et al., 2018, p. 39)

ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น จากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยบันทึกความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พร้อมสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนด ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณอีกครั้ง โดยให้นักเรียนทำแบบวัด

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเพิ่มเติม โดยทำการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนที่ได้เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ในขั้นตอนสุดท้ายผู้วิจัยทำการตีความผลการศึกษาจากข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลัก แล้วเสริมด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังภาพ 13

ภาพประกอบ 13 แบบแผนการดำเนินการวิจัย

จากแผนภาพข้างต้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับการวิเคราะห์ผลการวิจัย ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยระยะนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี จำนวน 36 คน ที่ได้มาด้วยการเลือกตามความสะดวก (Convenience sampling) โดยเป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน ซึ่งไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวมาก่อน นักเรียนในกลุ่มนี้ศึกษาอยู่ในโรงเรียนขนาดเล็ก ซึ่งส่วนมากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับที่ไม่สูงมาก อีกทั้งยังมีฐานะครอบครัวที่ไม่ดีนัก ทำให้มีข้อจำกัดในความพร้อมด้านอุปกรณ์และเทคโนโลยีสนับสนุนการเรียนรู้

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยเนื้อหาใน 7 หัวข้อ คือ ไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ

องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศ ปัญหามลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และปรากฏการณ์เรือนกระจก

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ จะดำเนินการศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 รวมระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยทั้งสิ้น 24 คาบ ประกอบด้วย

3.1 การทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ และหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ

3.2 การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ และหลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 1 คาบ

3.3 การทดลองด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน รวมทั้งสิ้น 18 คาบ โดยมีการวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 7 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 7 แผน

3.4 การสัมภาษณ์หลังการจัดการเรียนรู้ จำนวน 2 คาบ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นแล้ว ยังมีเครื่องมือวิจัยอื่น ๆ ที่นำมาใช้เพื่อตอบคำถามวิจัยที่ได้กำหนดไว้ ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นโดยแต่ละเครื่องมือมีรายละเอียดการพัฒนาดังนี้

4.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนาแบบวัดฯ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า แบบวัดความสามารถดังกล่าวที่นักวิจัยและนักการศึกษานิยมใช้ เป็นแบบวัดแบบอัตนัย โดยให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ มีข้อคำถามให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 – 5 ข้อ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 60 นาที มีการสร้างเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring rubric) เป็นรายข้อที่สอดคล้องกับข้อคำถาม โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008a)

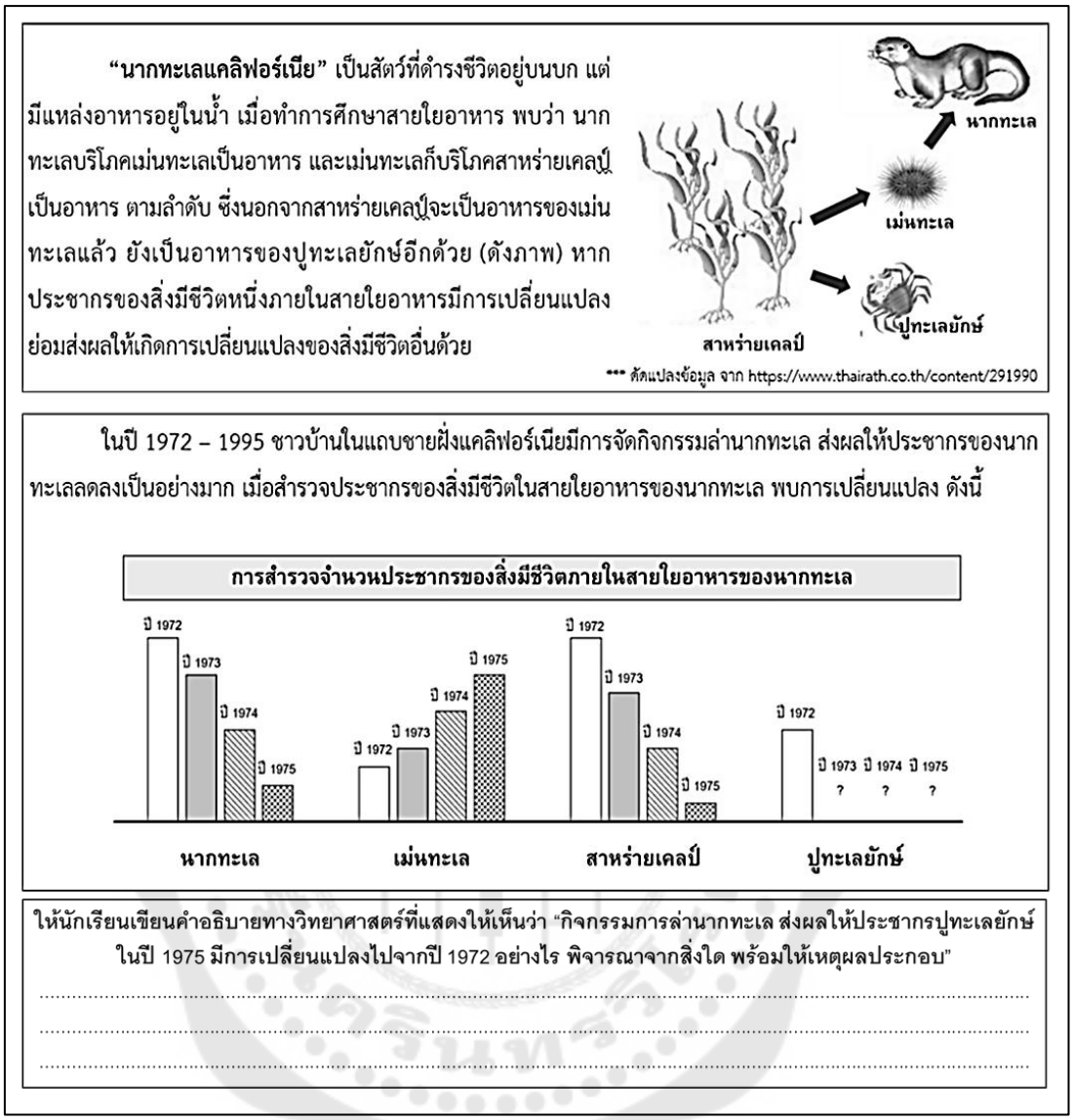
4.1.2 ออกแบบแบบวัดในลักษณะแบบวัดอัตนัย จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ เพื่อใช้เป็นแบบวัดฯ สำหรับการทดสอบความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ในลักษณะของแบบวัดคู่ขนาน โดยมีรายละเอียดของสถานการณ์ที่ใช้ในการตั้งคำถาม ดังตาราง 13

ตาราง 13 การกำหนดสถานการณ์คำถามที่ใช้ในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดฯ ฉบับที่ 1		**แบบวัดฯ ฉบับที่ 2**	
ข้อ	**สถานการณ์ที่ใช้**	**ข้อ**	**สถานการณ์ที่ใช้**
1	นากทะเลแคลิฟอร์เนีย	1	ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต
2	ความเป็นกรด-เบส	2	คลื่นเสียงของค้างคาว
3	อัตราการคายน้ำของพืช	3	ของแข็ง ของเหลว แก๊ส
4	แผ่นกรองอากาศ	4	การลอย การจม
5	ความต้านทานของลวดตัวนำ	5	การทดสอบคุณสมบัติของแร่

ข้อคำถามแต่ละข้อมีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่เจาะจงในรายวิชาใดวิชาหนึ่ง มีการให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอที่นักเรียนจะสรุปเป็นองค์ความรู้และนำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีการออกแบบพื้นที่ในการตอบคำถามในลักษณะปลายเปิด และใช้คำถามที่ชี้นำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ

4.1.3 จัดทำแบบวัดความสามารถดังกล่าวและเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยแบบวัดฯ ที่สร้างขึ้นมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรกเป็นสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ไม่เจาะจงในรายวิชาใดวิชาหนึ่ง ส่วนที่สองเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอต่อการให้นักเรียนนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักฐาน และส่วนที่สามเป็นคำถามที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้คำถามที่มีลักษณะชี้นำให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบตามองค์ประกอบ พร้อมทั้งกำหนดพื้นที่ในการเขียนคำตอบ ดังภาพ 14



ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.1.4 ออกแบบเกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008a) โดยเป็นการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับคะแนน คือ 0 1 และ 2 คะแนน รวมทั้งสิ้น 6 คะแนน ดังตาราง 14

ตาราง 14 เกณฑ์ระดับและการให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ (คะแนน)		
	ดี (2 คะแนน)	**ปานกลาง (1 คะแนน)**	**ควรปรับปรุง (0 คะแนน)**
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างถูกต้องสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ไม่มีการระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	มีการแสดงหลักฐานที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีการแสดงหลักฐานที่ถูกต้อง แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรืออาจมีบางส่วนที่ไม่เหมาะสม	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง (หลักฐานนั้นไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง)
การให้เหตุผล	มีการให้เหตุผลที่มีการให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอ	มีการให้เหตุผลที่มีการกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ และ/หรือ มีการให้เหตุผลที่ถูกต้องบางส่วน	ไม่ให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง

จากตารางเกณฑ์การให้คะแนนดังกล่าว ผู้วิจัยนำมาสร้างเป็นเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ ที่มีการยกตัวอย่างคำตอบประกอบในแต่ละระดับคะแนนเกณฑ์การให้ที่สร้างขึ้นเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบรายข้อที่มีการประเมินแบบแยกองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับ คือ 0 1 และ 2 คะแนน รวมทั้งสิ้น 6 คะแนน พร้อมยกตัวอย่างคำตอบประกอบในแต่ละระดับคะแนน ดังภาพ 15

ข้อกล่าวอ้าง		หลักฐาน		การให้เหตุผล	
คะแนน	คำตอบ	คะแนน	คำตอบ	คะแนน	คำตอบ
2	ระบุได้ถูกต้องว่า "ประชากรปูทะเลยักษ์มีจำนวนลดลง"	2	แสดงหลักฐานถูกต้องและครบทั้ง 2 อย่าง คือ 1) ประชากรเม่นทะเลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และ 2) สาหร่ายเคลป์มีแนวโน้มลดลง	2	มีการให้เหตุผลอย่างถูกต้องว่า "เมื่อสาหร่ายเคลป์ที่เป็นแหล่งอาหารภายในสายใยอาหารลดลง จะทำให้ประชากรของปูทะเลยักษ์ที่บริโภคอาหารนั้นลดลง"
1	ระบุได้ถูกต้อง แต่เป็นการตอบแบบอ้อม เช่น "เป็นไปในทิศทางเดียวกับประชากรของนากทะเล"	1	แสดงหลักฐานถูกต้อง เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง (ไม่ครบทั้ง 2 อย่าง)	1	ให้เหตุผลโดยกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ
0	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เช่น "ประชากรปูทะเลยักษ์มีจำนวนเพิ่มขึ้น"	0	ไม่แสดงหลักฐาน หรือ แสดงหลักฐานไม่ถูกต้องเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด หรือ ไม่ให้รายละเอียดของหลักฐานที่แสดง	0	ไม่มีการให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง

ภาพประกอบ 15 ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรายข้อ

4.1.5 นำแบบวัดฯ และเกณฑ์ที่พัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามของความสามารถดังกล่าว ตลอดจนความเหมาะสมภาษาและการนำไปใช้ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข คือ

1) ปรับเปลี่ยนสถานการณ์ที่ใช้ในบางข้อให้ยึดโยงกับสถานการณ์จริง

2) ปรับปรุงประโยคคำถามให้มีความกระชับ และลดการใช้คำฟุ่มเฟือย

3) ปรับปรุงตัวอย่างคำตอบในการการให้คะแนน โดยเฉพาะในส่วนของการให้เหตุผล เพิ่มตัวอย่างคำตอบให้หลากหลาย เพื่อให้ง่ายต่อการให้คะแนน

4.1.6 นำแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้น ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและด้านการวัดและประเมินผลความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมินในประเด็นต่อไปนี้

1) การตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามศัพท์เฉพาะของความสามารถดังกล่าว โดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินใน 3 ระดับ คือ +1 หมายถึง สอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง พร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยหัวข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนี

ความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190) พบว่า แบบวัดฯ ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน จึงผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2) การประเมินความเหมาะสมของแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนน ทั้งในด้านภาษาและการนำไปใช้ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย และ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากผลการประเมิน พบว่า แบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 5.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน และแปลความหมายได้ว่า แบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4.1.7 นำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงและพัฒนาแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

1) ปรับปรุงความซ้ำซ้อนของข้อมูลที่ให้นักเรียนศึกษา

2) ปรับปรุงลักษณะของประโยคในการตั้งคำถาม รวมถึงตั้งคำถามใหม่เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน

3) ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนรายข้อให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นในทุกระดับคะแนนและทุกองค์ประกอบ

4.1.8 นำแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 120 คน โดยเริ่มจากการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เมื่อได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียน ผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัย การไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งขอความยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ นักเรียนแต่ละคนทำแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ เพื่อหาค่าความยาก อำนาจจำแนก

ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดแต่ละฉบับ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ ตลอดจนความเป็นปรนัยของเกณฑ์ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 185) ดังนี้

1) หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม โดยคำนวณจากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 25% ซึ่งข้อคำถามควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

2) หาค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดแต่ละฉบับ โดยนำคะแนนของแต่ละฉบับมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นจะมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาคมากกว่า 0.70

3) ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ โดยทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

4) พิจารณาความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน จากค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) 3 ท่าน ซึ่งเป็นผู้ตรวจแบบวัดฯ ในฐานะผู้ร่วมวิจัย โดยใช้วิเคราะห์ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient)

จากการนำแบบวัดฯ และเกณฑ์การให้คะแนนไปทดลองใช้ พบว่า แบบวัดฉบับที่ 1 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.47 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.66 – 0.93 แปลความหมายได้ว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในระดับที่เหมาะสม และมีค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดเท่ากับ 0.70 ถือเป็นแบบวัดที่มีความเชื่อมั่น ส่วนแบบวัดฉบับที่ 2 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.44 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.52 – 0.88 แปลความหมายได้ว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากและอำนาจจำแนกอยู่ในระดับที่เหมาะสม และมีค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดเท่ากับ 0.73 ถือเป็นแบบวัดที่มีความเชื่อมั่น ทั้งนี้แบบวัดทั้ง 2 ฉบับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.74 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสามารถใช้เป็นแบบวัดแบบคู่ขนานสำหรับการวัดก่อนและหลังเรียนได้ ในขณะเดียวกันเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 3 ท่าน จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้นอยู่ระหว่าง 0.70 – 1.00 ที่ความเชื่อมั่น 95% ซึ่งถือว่าผู้ประเมินแต่ละท่านมีการประเมินที่สอดคล้องกันอยู่ในระดับดี – ดีมาก และถือว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีความเป็นปรนัย (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.2 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.2.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เทคนิควิธีการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้สำหรับในงานวิจัยนี้

4.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์รายละเอียดของมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดของรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ จุดประสงค์การเรียน ตลอดจนสาระการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาใน 7 หัวข้อ คือ ไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศ ปัญหามลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ และ ปรากฏการณ์เรือนกระจก จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เพื่อกำหนดแนวทางในการออกข้อสอบ

4.2.3 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในลักษณะแบบวัดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 39 ข้อ โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบ (Test Blueprint) ดังตาราง 15

ตาราง 15 ตารางวิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบ

ที่	สาระการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	จำนวนข้อคำถามในแต่ละพฤติกรรม			รวม
			ความจำ	ความเข้าใจ	ประยุกต์ใช้	
1	ไบโอม	3	3	3	1	7
2	การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของระบบนิเวศ	2	2	2	1	5
3	องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ	3	2	4	1	7
4	องค์ประกอบทางกายภาพของระบบนิเวศ	2	3	1	1	5
5	ปัญหามลพิษทางน้ำ	2	1	3	1	5
6	มลพิษทางอากาศ	2	2	1	2	5
7	ปรากฏการณ์เรือนกระจก	2	1	3	1	5
รวม		16	14	17	8	39

4.2.4 นำแบบวัดที่พัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมของข้อ

คำถามและการนำไปใช้ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1) ปรับปรุงลักษณะของตัวเลือกในแต่ละข้อและจำนวนประเด็นในแต่ละตัวเลือกให้มีความสอดคล้องกัน

2) พิจารณาข้อคำถามในระดับความเข้าใจว่ามีการสอนในชั้นเรียนหรือไม่ หากมีการสอนในชั้นเรียนต้องเปลี่ยนระดับพฤติกรรมเป็นความรู้ความจำ

3) ปรับปรุงรูปภาพในข้อคำถามให้มีขนาดใหญ่และชัดเจนขึ้น

4) ปรับปรุงการเรียงลำดับและความยาวของตัวเลือก

5) นำข้อมูล รูปภาพ หรือตารางที่ไม่จำเป็นออก

6) ตรวจสอบการสะกดคำหรือการใช้คำศัพท์เฉพาะ

4.2.5 นำแบบวัดฯ ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตรศึกษาและด้านการวัดและประเมินผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาชีววิทยาและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมินในประเด็นต่อไปนี้

1) การตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินใน 3 ระดับ คือ +1 หมายถึง สอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง พร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยหัวข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190) พบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 – 1.00 และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2) การประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามและการนำไปใช้ โดยใมาตรวัดของลิเคิร์ท 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย และ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากผลการประเมิน พบว่า แบบวัดฯ ที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.67 – 5.00 ซึ่งถือวามีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง – มากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.2.6 นำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงและพัฒนาแบบวัด โดยมีประเด็นในการปรับปรุง ดังนี้

1) ตรวจสอบการใช้คำศัพท์เฉพาะและการเฉลยในแต่ละข้อคำถามว่าถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากมีบางข้อที่มีการเฉลยผิดพลาด

2) ปรับตัวเลือกในบางข้อคำถามให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งตัวเลือกในบางข้อคำถามอาจง่ายหรือชี้นำเกินไป จำเป็นต้องปรับปรุงให้มีความยากมากขึ้น โดยอาจเพิ่มการถามเหตุผลร่วมด้วย

3) ข้อคำถามบางข้ออาจไม่สะท้อนตัวชี้วัด จำเป็นต้องปรับปรุงลักษณะของคำถามใหม่ให้มีความสอดคล้องมากยิ่งขึ้น

4) จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละเรื่องเน้นที่ความรู้ความจำและความเข้าใจ การถามในประเด็นของการประยุกต์ใช้ทำให้ไม่ตรงกับจุดประสงค์ที่กำหนด

4.2.7 นำแบบวัดที่มีข้อคำถามที่มีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 และปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญเรียบร้อยแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา และผ่านการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ ชีวิตและสิ่งแวดล้อมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จำนวน 58 คน โดยเริ่มจากการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เมื่อได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียน ผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัย การไม่เปิดเผยใดข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งขอความยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ จากนั้นทำการหาค่าความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดทั้งฉบับ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 185) ดังนี้

1) หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม โดยคำนวณจากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 25% ซึ่งข้อคำถามควรมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป

2) หาค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดทั้งฉบับ โดยนำคะแนนของแบบวัดมาวิเคราะห์โดยใช้สูตร Kuder Richardson – 20 (KR-20) แบบวัดที่มีความเชื่อมั่นจะมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่า 0.70

จากการนำแบบวัดดังกล่าวไปทดลองใช้ พบว่า ข้อคำถามมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.93 แปลความหมายได้ว่า ข้อคำถามในแบบวัดมีความยากอยู่ในระดับปานกลาง - ง่ายมาก มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.14 – 0.93 แปลความหมายได้ว่า มีอำนาจจำแนกอยู่ในระดับที่สามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและอ่อนไม่ได้ – จำแนกได้ดีมาก และมีค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดเท่ากับ 0.92 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.2.8 จัดทำแบบวัดฉบับจริง โดยนำข้อคำถามที่มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์ออกประกอบด้วย ข้อที่มีความง่ายมาก ไม่สามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและอ่อนได้ ตลอดจนข้อที่มีตัวเลือกที่ไม่ดีออก ทำให้แบบฉบับจริง มีข้อคำถามจำนวน 31 ข้อ ครอบคลุมทุกสาระการเรียนรู้ที่กำหนด

4.2.9 แบบวัดฉบับจริงมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.79 แปลความหมายได้ว่า ข้อคำถามในแบบวัดมีความยากอยู่ในระดับปานกลาง - ค่อนข้างง่าย มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.93 แปลความหมายได้ว่า มีอำนาจจำแนกอยู่ในระดับที่สามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและอ่อนได้บ้าง – จำแนกได้ดีมาก มีค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.90 ซึ่งถือว่ามีความเชื่อมั่นสูง อีกทั้งยังมีตัวเลือกที่ดีในแต่ละข้อคำถาม (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.3 แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

4.3.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะและเป้าหมายของแบบสัมภาษณ์ชนิดต่าง ๆ หลักการพัฒนาแบบสัมภาษณ์ ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสัมภาษณ์เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการสร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนในงานวิจัยนี้

4.3.2 ออกแบบแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview form) โดยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น หรือเสนอแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์และประเด็นคำถามที่ เพื่อให้ได้ข้อมูลข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ โดยมีรายละเอียด ดังตาราง 16

ตาราง 16 ตารางกำหนดจุดประสงค์และประเด็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

ที่	จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์	ประเด็นคำถามที่ใช้
ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์		
1	เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัย	- ชื่อ - นามสกุลของนักเรียน - เพศของนักเรียน - ความชอบของนักเรียนต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์

ตาราง 16 (ต่อ)

ที่	จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์	ประเด็นคำถามที่ใช้
ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ		
2	เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในแต่ละขั้นตอน ต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนความต้องการปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติม	ขั้นที่ 1 เปิดประเด็นคำถาม - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
		ขั้นที่ 2 ระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
2	เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในแต่ละขั้นตอน ต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้น ตลอดจนความต้องการปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติม	ขั้นที่ 3 ค้นหาหลักฐาน - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
		ขั้นที่ 4 เขียนแผนภาพ - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
		ขั้นที่ 5 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น
		ขั้นที่ 6 สร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ - การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ - ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - แนวทางการแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้น - ความต้องการปัจจัยสนับสนุนให้สามารถทำกิจกรรมได้ง่ายขึ้น

ตาราง 16 (ต่อ)

ที่	จุดประสงค์ของการสัมภาษณ์	ประเด็นคำถามที่ใช้
ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ		
3	เพื่อศึกษาความพึงพอใจและความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ	- กิจกรรมการเรียนรู้ใดบ้าง ที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น เพราะเหตุใด ให้ยกตัวอย่างอย่างน้อย 2 กิจกรรม - ระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ของนักเรียน - ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

4.3.3 สร้างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ตามจุดประสงค์และประเด็นคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ที่กำหนดไว้

4.3.4 เสนอแบบสัมภาษณ์ที่พัฒนาขึ้นต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ ตลอดจนความเหมาะสมของข้อคำถามต่อการนำไปใช้ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพ โดยมีประเด็นในการปรับปรุง ดังนี้

1) ปรับปรุงข้อคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันและสอดคล้องกันในแต่ละขั้นตอน

2) เพิ่มเติมคำอธิบายของแต่ละขั้นตอนว่าครูมีการจัดการเรียนรู้อย่างไร เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องเรียนมากยิ่งขึ้น

3) ปรับปรุงลำดับของคำถาม และเพิ่มเติมข้อความที่ให้นักเรียนได้แสดงมุมมอง ความคิดเห็น และยกตัวอย่างสถานการณ์หรือกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม

4.3.5 นำแบบสัมภาษณ์ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมิน ดังนี้

1) การตรวจสอบและประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ของการสัมภาษณ์ โดยผู้เชี่ยวชาญจะประเมินใน 3 ระดับ คือ +1 หมายถึง สอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ และ -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง พร้อมให้ข้อเสนอแนะ แล้วนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) หัวข้อที่ผ่านเกณฑ์และนำไปใช้ได้จะต้องมีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน จึงผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2) การประเมินความเหมาะสมของข้อคำถามต่อการนำไปใช้ โดยใช้มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert rating scale) 5 ระดับ คือ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 4 หมายถึง เหมาะสมมาก 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย และ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด จากนั้นนำมาวิเคราะห์โดยใช้ค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการแปลความหมาย 5 ช่วง (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 103) ดังนี้

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

จากผลการประเมิน พบว่า แบบสัมภาษณ์มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.33 – 5.00 แปลความหมายได้ว่า แบบสัมภาษณ์มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง - มากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

4.3.6 นำข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาแบบสัมภาษณ์ให้สมบูรณ์และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยมีประเด็นในการปรับปรุง ดังนี้

1) ปรับปรุงคำถามให้เน้นไปในเชิงที่สะท้อนผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น อาจมีการใช้คำว่า “กิจกรรมในขั้นตอนนี้” แทนคำว่า “ขั้นตอนนี้” เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในคำถามมากยิ่งขึ้น

2) ปรับปรุงคำถามในส่วนที่ 3 เกี่ยวกับความพึงพอใจของนักเรียนต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยเพิ่มคำถามให้เจาะลึก เช่น นักเรียนพอใจหรือไม่พอใจในสิ่งใด และอยากให้มีการปรับปรุงในส่วนใด

4.3.7 นำแบบสัมภาษณ์ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา และผ่านการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ ชีวิตและสิ่งแวดล้อมเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จำนวน 1 ห้องเรียน โดยเริ่มจากการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เมื่อได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียน ผู้วิจัยได้ทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับการดำเนินการวิจัย ประโยชน์ที่นักเรียนได้รับจากการเข้าร่วมการวิจัย การไม่เปิดเผยใดข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย พร้อมทั้งขอความยินยอมจากนักเรียนและผู้ปกครองในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ แล้วปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ก่อนนำไปใช้จริง

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในกระบวนการรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยทำการติดต่อประสานงานกับโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตและขอความอนุเคราะห์ในการทำงานวิจัยกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา เมื่อได้รับการอนุญาตจากทางโรงเรียน ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ไปใช้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มที่ศึกษา โดยอธิบายทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนวิธีการเรียนรู้ในช่วงระยะเวลาที่ทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพไปพร้อมกัน แล้วนำข้อมูลทั้ง 2 ชนิด มาตีความร่วมกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ

ผู้วิจัยทำเก็บข้อมูลโดยนำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเข้ามาใช้ทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อเปรียบเทียบผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ มีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 ทำการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยนำใบกิจกรรมประกอบหน่วยการเรียนรู้ มาวัดความสามารถนี้ของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ตามหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนด จำนวน 7 หน่วย หน่วยละ 1 ใบกิจกรรม รวมเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 7 ครั้ง

5.2.2 ทำการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาทั้งพฤติกรรมการตอบคำถาม การระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง การค้นหาหลักฐาน การเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ตลอดจนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และบันทึกลงในแบบบันทึกหลังแผน จำนวน 7 แผน รวมเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 7 ครั้ง

5.2.3 ทำการศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ด้วยการสัมภาษณ์นักเรียนหลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับดี ปานกลาง และควรปรับปรุง ทั้งในด้านความชอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในเนื้อหา

ที่ศึกษา ตลอดจนความพึงพอใจในกิจกรรมการเรียนรู้ ความต้องการจำเป็น และอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

5.3 การตีความข้อมูล

ในการศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นนั้น ผู้วิจัยตีความโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณเป็นหลัก โดยเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ และตีความเสริมด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพให้เห็นผลของการเปลี่ยนแปลงความสามารถดังกล่าวของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ ตลอดจนความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ ด้วยวิธีการดังนี้

6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

6.1.1 ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่นักเรียนทำได้จากแบบวัดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แล้วเปรียบเทียบผลระหว่างก่อนและหลังเรียนจากสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.1.2 ทำการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่นักเรียนทำได้จากแบบวัดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ แล้วเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่ม (One-sample t-test)

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

6.2.1 ทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis) ตามแนวทางของ Krippendorff (2018, pp. 86-93) โดยนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเขียนลงในใบกิจกรรมในแต่ละครั้งของการจัดการเรียนรู้ มาพิจารณาและจัดกลุ่มข้อความออกเป็น 3 ส่วน ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละส่วนทำการพิจารณาใน 3 ระดับ คือ ดี ปานกลาง และควรปรับปรุง โดยมีรายละเอียดของการประเมินพฤติกรรมของนักเรียน ดังตาราง 13 ทั้งนี้ ในการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ในภาพรวม ผู้วิจัยจะทำการตรวจให้คะแนนนักเรียนตามเกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นสำหรับการประเมินในแต่ละครั้ง โดยพิจารณาแยกเป็นองค์ประกอบ องค์ประกอบละ 2 คะแนน รวม

ข้อคำถาม 1 ข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 6 คะแนน แล้วในการประเมินแต่ละครั้งทำการแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามช่วงคะแนนที่นักเรียนทำได้ในภาพรวม ดังนี้

5 – 6 คะแนน หมายถึง นักเรียนีความสามารถอยู่ในระดับดี

3 – 4 คะแนน หมายถึง นักเรียนีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

0 – 2 คะแนน หมายถึง นักเรียนีความสามารถอยู่ในระดับควรปรับปรุง

ผู้วิจัยทำการประเมินพฤติกรรมของนักเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ จำนวน 7 ครั้ง ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น แล้วทำการวิเคราะห์ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความสามารถของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบ แล้วนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนภูมิเส้นแสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ ตลอดระยะเวลา 7 หน่วยการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนที่เกิดขึ้น

6.2.2 ทำการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นด้วยการวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic induction) ตามแนวทางของ มณีญา สุราช (2559, น. 202) โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) การวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมในภาพรวมที่นักเรียนแสดงออกมาในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ทั้งพฤติกรรมการตอบคำถาม การระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง การค้นหาหลักฐาน การเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ตลอดจนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2) การวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียน ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ โดยสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนใน 3 กลุ่ม ที่มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน 3 ระดับ ระดับละ 5 คน คือ ระดับดี (รหัส A1 – A5) ปานกลาง (รหัส B1 – B5) และควรปรับปรุง (รหัส C1 - C5)

ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพนั้น ผู้วิจัยได้พูดคุยเพื่อสร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับนักเรียน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีความรู้จักกับนักเรียนมาในระดับหนึ่งแล้ว เนื่องจากเป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังชี้แจงนักเรียนเสมอว่า การเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ไม่มีผลต่อคะแนนในรายวิชาแต่อย่างใด ทำให้นักเรียนกล้าแสดงพฤติกรรม ความรู้สึก หรือความคิดเห็นอย่างเต็มที่ โดยในระหว่างการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยเน้นบรรยากาศสัมภาษณ์แบบเป็นกันเองและไม่

เร่งรัด มียกตัวอย่างสถานการณ์ประกอบเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการย้อนถามซ้ำ เพื่อให้นักเรียนยืนยันความถูกต้องของใจความสำคัญที่นักเรียนได้สื่อสารออกมา

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากทั้งการสังเกตและการสัมภาษณ์ มาเรียบเรียงและจัดระบบของกลุ่มคำหรือประโยคที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน จากนั้นทำการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ เข้าด้วยกัน แล้วสร้างเป็นข้อสรุปร่วม เพื่อสะท้อนผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้ ข้อสรุปร่วมดังกล่าวได้นำเสนอและปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่ได้ตีความออกมาจากประเด็นที่ศึกษา

ภายหลังจากขั้นตอนการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปใช้จริง ผู้วิจัยได้ทำการพิจารณาข้อจำกัดของการทำกิจกรรมในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้ได้ข้อสรุปในการปรับปรุงแก้ไขกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนให้มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผลจากการนำไปใช้จริง ตลอดจนข้อสรุปในการปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ ผู้วิจัยนำไปรายงานไว้ในบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นลำดับต่อไป

7. **สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล**

ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ มีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การคำนวณทางสถิติต่าง ๆ ประกอบด้วยสถิติพื้นฐานและสถิติที่ใช้ในการตรวจคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

7.1 **สถิติพื้นฐาน**

7.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยใช้สูตร (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 247)

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=0}^{n} X_i}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum_{i=0}^{n} X_i$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

7.1.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยใช้สูตร (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 264)

$$S.\mathrm{D.} = \sqrt{\frac{n\Sigma x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ $S.D.$ แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Σx^2 แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

7.2 สถิติที่ใช้ในการตรวจคุณภาพของข้อมูลหรือผลการวัดจากเครื่องมือ

7.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง ที่มีสูตรดังนี้ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 190)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

7.2.2 ค่าความยาก (Difficulty) คำนวณได้จากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 25% ที่มีสูตรดังนี้ (Pal, 2012, p. 132)

$$P = \frac{R_H + R_L}{2}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยาก

R_H แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

7.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) คำนวณได้จากคะแนนของนักเรียนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 25% ที่มีสูตรดังนี้ (Pal, 2012, p. 303)

$$D = \frac{R_H - R_L}{n}$$

เมื่อ D แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_H แทน จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L แทน จำนวนของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

n แทน จำนวนของนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

7.2.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของผลการวัดจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คำนวณโดยใช้สูตรการค่าสัมประสิทธิ์อัลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ที่มีสูตรดังนี้ (Blerkom, 2017, p. 50)

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left(1 - \frac{\sum\sigma_i^2}{\sigma_t^2}\right)$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

K แทน จำนวนข้อคำถามทั้งหมด

$\sum\sigma_i^2$ แทน ความแปรปรวนของข้อคำถามแต่ละข้อ

σ_t^2 แทน ความแปรปรวนของข้อคำถามทั้งฉบับ

7.2.5 ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำนวณโดยใช้สูตรคูเดอร์ ริชาร์ดสัน 20 (Kuder Richardson – 20, KR-20) ที่มีสูตรดังนี้ (Blerkom, 2017, p. 50)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[\frac{\sum_{i=0}^{k} p_i q_i}{s_t^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น

k แทน จำนวนข้อคำถามทั้งหมด

p แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในข้อหนึ่ง ๆ

q แทน สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในข้อหนึ่ง ๆ

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

7.2.6 ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ วิเคราะห์ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) ที่คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ, 2559, น. 200)

$$r_{xy} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2) - (\sum X)^2 (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนของแบบวัดฉบับที่ 1

$\sum Y$ แทน ผลรวมของคะแนนของแบบวัดฉบับที่ 2

$\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณของคะแนนแบบวัด 2 ฉบับ

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแบบวัดฉบับ 1

$\sum Y^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแบบวัดฉบับ 2

n แทน จำนวนของนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา

7.2.6 ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) วิเคราะห์ได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (Intraclass correlation coefficient: ICC) ที่คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (Liljequist, Elfving, & Skavberg Roaldsen, 2019, p. 6)

$$ICC = \frac{\sigma_r^2}{\sigma_r^2 + \sigma_v^2}$$

เมื่อ ICC แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น

σ_r^2 แทน ความแปรปรวนในแต่ละกลุ่ม

σ_v^2 แทน ความแปรปรวนรวม

7.2.7 การวิเคราะห์ค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม (One-sample t-test) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้ (Pagano, 2012, p. 355)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{N}}$$

เมื่อ t แทน ค่าการทดสอบที

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยของประชากร หรือ เกณฑ์ที่ตั้งขึ้น

s แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

N แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การดำเนินการด้านจริยธรรมวิจัย

1. ผู้วิจัยดำเนินการอบรมด้านจริยธรรมการทำวิจัยในมนุษย์ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council of Thailand, NRCT) และชมรมจริยธรรมในคนในประเทศไทย (Forum for Ethical Review Committee in Thailand, FERCIT) แล้วดำเนินการทดสอบเพื่อผ่านหลักสูตรหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์สำหรับนักศึกษา/นักวิจัย

2. ผู้วิจัยดำเนินการเขียนข้อเสนอโครงร่างการวิจัย โดยระบุวัตถุประสงค์ ระเบียบวิธีวิจัย การดำเนินการวิจัย ประโยชน์และความเสี่ยงต่าง ๆ ที่จะเกิดกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ตลอดจนกระบวนการขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมการวิจัย แล้วยื่นต่อคณะกรรมการจริยธรรม สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใบรับรองโครงการวิจัย เลขที่ SWUEC/E/G-343/2564 (รายละเอียดดังภาคผนวก จ)

3. ภายหลังจากการได้รับการรับรองจริยธรรมวิจัยในมนุษย์ ผู้วิจัยจึงดำเนินการศึกษาวิจัยกับกลุ่มที่ศึกษา ซึ่งอยู่ภายใต้หลักจริยธรรม 3 ประการ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2560, น. 71) ดังนี้

3.1 หลักเคารพในบุคคล (Respect for person)

ผู้วิจัยดำเนินการแจกเอกสารให้กับนักเรียนคนละ 2 ฉบับ ประกอบด้วย เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและหนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัย แล้วทำการชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับเอกสารทั้ง 2 ฉบับ โดยการอ่านคำชี้แจงในหัวข้อต่าง ๆ อย่างละเอียดให้กับนักเรียนฟัง หากนักเรียนไม่เข้าใจในหัวข้อใด สามารถสอบถามเพื่อให้ผู้วิจัยอธิบายอีกครั้งอย่างละเอียด และยังไม่บังคับให้นักเรียนลงลายมือชื่อในเอกสาร โดยนักเรียนสามารถนำเอกสารทั้ง 2 ฉบับ กลับไปทำการศึกษาอย่างละเอียดอีกครั้งที่บ้าน เพื่อปรึกษาหารือกับผู้ปกครองหรือเพื่อนสนิทเพื่อช่วยในการตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย โดยเฉพาะการทำความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์และความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย ที่สำคัญ นักเรียนในฐานะผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถ

ถอนตัวออกจากการวิจัยได้ทุกเมื่อ โดยไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนแต่อย่างใด และไม่นำข้อมูลส่วนนั้นมาวิเคราะห์ผลการวิจัย นอกจากนี้ ในการบันทึกข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัย มีการใช้รหัสแทนชื่อและข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัย กรณีที่เป็นไฟล์อิเล็กทรอนิกส์ใช้การบันทึกลงในคอมพิวเตอร์ส่วนตัว ที่มีรหัสป้องกันบุคคลอื่นไม่ให้สามารถเปิดได้ และเก็บไฟล์ไว้ต่อเป็นเวลา 3 ปี หลังสิ้นสุดการวิจัย โดยผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบในการรักษาความลับผู้เข้าร่วมการวิจัย

3.2 หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย (Beneficence, Non-maleficence)

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้และเทคนิคต่าง ๆ ที่สามารถส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้ดีขึ้น ตลอดจนศึกษากระบวนการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำคัญและมีประโยชน์ต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยได้เรียนรู้เนื้อหาในรายวิชา วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กำหนดเช่นเดียวกับนักเรียนคนอื่น ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนทั้งด้านความรู้ในเนื้อหา และความสามารถตามเป้าหมายของงานวิจัย

3.3 หลักยุติธรรม (Justice)

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยที่มุ่งเน้นความเสมอภาคและไม่อคติต่อผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิ์ตัดสินใจเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้อย่างเท่าเทียม ที่สำคัญ ผู้วิจัยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นต่อผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนอย่างเท่าเทียม และไม่โน้มเอียงให้เกิดประโยชน์ต่อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้น

4. เมื่อสิ้นสุดโครงการวิจัย ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินโครงการ ในแก่คณะกรรมการในระยะเวลาที่กำหนด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามวิจัยใน 2 ประเด็น คือ 1) รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีลักษณะเป็นอย่างไร และ 2) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อย่างไร

เพื่อตอบคำถามวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในรูปแบบของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ 2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ 3) การทดลองใช้และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ และ 4) การนำไปใช้จริงและประเมินผลรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ โดยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน คือ

1) ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

2) ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

3) ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

4) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

5) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

ส่วนที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน รูปแบบการจัดการเรียนรู้และเทคนิคต่าง ๆ ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในระยะเวลาที่ผ่านมาตลอดจนการสำรวจความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ทำให้ได้แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ใน 3 ประเด็น ดังนี้

1. จากการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับความสามารถดังกล่าวของนักเรียนประกอบกับการที่ผู้วิจัยทำการสำรวจความสามารถดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบุรี จำนวน 231 คน มีข้อค้นพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.50) มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือระดับควรปรับปรุง (ร้อยละ 15.60) ส่วนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับดีนั้นมีจำนวนน้อยที่สุด (ร้อยละ 6.90) เมื่อวิเคราะห์แยกตามองค์ประกอบย่อย พบว่า ในการระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 69.74) มีความสามารถอยู่ในระดับดี ในการระบุหลักฐาน นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 59.26) มีความสามารถอยู่ในระดับควรปรับปรุง และในการระบุเหตุผล นักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 63.07) มีความสามารถอยู่ในระดับควรปรับปรุง โดยองค์ประกอบของการให้เหตุผลนั้นนักเรียนทำคะแนนได้น้อยและมีปัญหามากกว่าองค์ประกอบอื่น

2. จากการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา มีข้อค้นพบว่า นักวิจัยและนักการศึกษาได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้อย่างหลากหลายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมนั้น ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ลักษณะสำคัญได้ 4 ประการ คือ 1) มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นออกมา เพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนและสะท้อนการสร้างข้อกล่าวอ้างเบื้องต้น 2) มีการสำรวจตรวจสอบเพื่อได้มาซึ่งหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง 3) มีการให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาอภิปรายและสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 4) มีการสรุปองค์ความรู้และเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการศึกษาไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อดีและข้อจำกัดของแต่ละรูปแบบ ข้อดีที่พบ คือ มีขั้นตอนที่สะท้อนการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนทั้งในภาพรวมและในองค์ประกอบย่อย โดยเฉพาะองค์ประกอบของข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่เด่นชัด ส่วนข้อจำกัดที่พบ คือ มีขั้นตอนที่สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบของการให้เหตุผลที่ไม่เด่นชัดมากนัก ทำให้นักเรียนยังคงได้คะแนนในองค์ประกอบของการให้เหตุผลที่ต่ำกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ

3. จากการศึกษาและวิเคราะห์เทคนิคที่นำมาใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา มีข้อค้นพบว่า นักวิจัยและนักการศึกษาได้ใช้เทคนิคอย่างหลายหลายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่ดีขึ้น แต่ละเทคนิคเป็นกรอบที่ช่วยชี้นำให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบ โดยเทคนิคที่

สะท้อนการส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผลที่เด่นชัดที่สุด คือ เทคนิคการใช้แผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง (Model-evidence link diagram)

จากแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ทั้ง 3 ประเด็น ผู้วิจัยได้นำมาสังเคราะห์และพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ จำนวน 6 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม 2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง 3) ขั้นค้นหาหลักฐาน 4) ขั้นเขียนแผนภาพ 5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ (ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 2 หัวข้อที่ 4.4 แนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้) โดยในแต่ละขั้นตอนถูกพัฒนามาจากลักษณะสำคัญ ข้อดี และข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนจนเทคนิคต่าง ๆ ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ดังนี้

ในขั้นตอนที่ 1 เปิดประเด็นคำถาม และขั้นตอนที่ 2 ระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง ผู้วิจัยพัฒนามาจากลักษณะสำคัญประการที่ 1 คือ มีการนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้สถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ซึ่งผู้วิจัยจะใช้ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและเชื่อมโยงไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากระตุ้นความสนใจ พร้อมให้นักเรียนแสดงความคิดความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียนต่อสถานการณ์คำถามนั้นออกมา จากนั้นจึงเข้าสู่ขั้นตอนระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างชั่วคราว ที่นักเรียนร่วมกันระดมความคิดและค้นคว้าข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถาม เพื่อเป็นองค์ความรู้เบื้องต้นต่อการระบุข้อกล่าวอ้าง

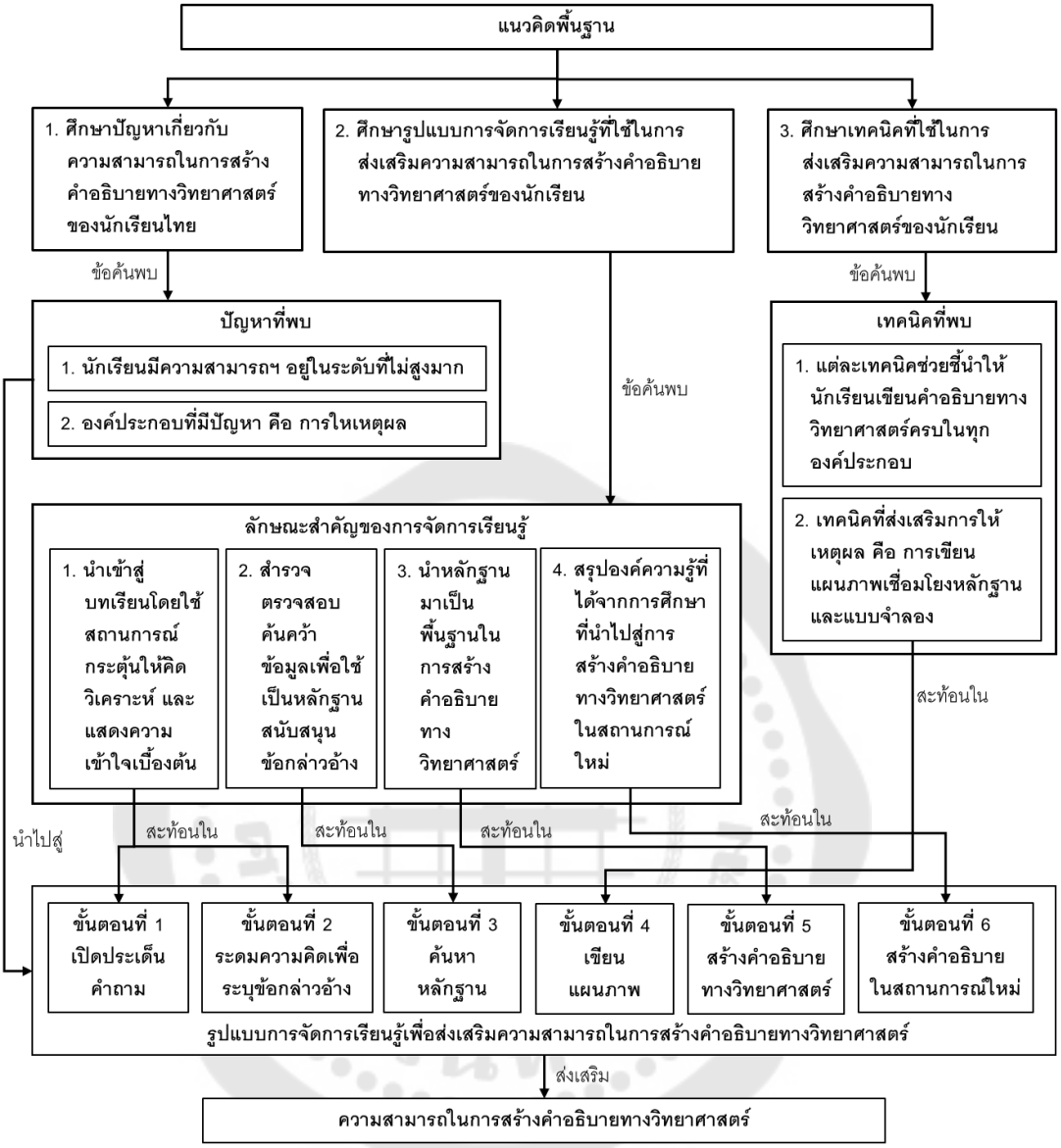
ในขั้นตอนที่ 3 ค้นหาหลักฐาน ผู้วิจัยพัฒนามาจากลักษณะสำคัญประการที่ 2 คือ มีการสำรวจตรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำการค้นหาหลักฐานด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อกล่าวอ้างที่สอดคล้องกับหลักฐาน และตัดข้อกล่าวอ้างที่ไม่สอดคล้องกับหลักฐานออก

ในขั้นตอนที่ 4 เขียนแผนภาพ ผู้วิจัยได้นำเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาใช้ เพื่อช่วยให้นักเรียนพิจารณาได้ว่าหลักฐานหลาย ๆ ชิ้นที่นำมานั้นมีความเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างหรือไม่และอย่างไร การโยงเส้นนี้ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาตัดข้อกล่าวอ้างที่ไม่เกี่ยวข้องกับหลักฐานออก เหลือเพียงข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องเท่านั้น พร้อมให้เหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างสัมพันธ์กัน นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ในขั้นตอนต่อไป

ในขั้นตอนที่ 5 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยพัฒนามาจากลักษณะสำคัญประการที่ 3 คือ มีการให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นปัญหาที่กำหนดให้ ซึ่งผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายดังกล่าวที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลที่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งรวบรวมได้จากขั้นตอนก่อนหน้า

ในขั้นตอนที่ 6 สร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ผู้วิจัยพัฒนามาจากลักษณะสำคัญประการที่ 4 คือ มีการลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงเดิม ผู้วิจัยจะมีการตั้งคำถามหรือสถานการณ์ปัญหาใหม่ เพื่อให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยหลักฐาน องค์ความรู้ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่รวบรวมได้จากขั้นตอนก่อนหน้า เพื่อสะท้อนความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้และสะท้อนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ข้างต้น สะท้อนถึงการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและแยกองค์ประกอบ มีการใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้เข้ามาช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองสร้างขึ้นได้ดียิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยได้สรุปแนวคิดพื้นฐานที่เชื่อมโยงไปสู่การได้มาซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังภาพ 16



ภาพประกอบ 16 แนวคิดในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้

ภายหลังจากการได้มาซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ทั้ง 6 ขั้นตอน ผู้วิจัยได้นำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น กับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ ประกอบด้วย ความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ความสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน ตลอดจนความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมและขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งด้านของภาษา บทบาท

ของครูและนักเรียน ความเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

1. ปรับปรุงคำอธิบายของแนวคิดพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจน มีความเป็นเหตุเป็นผล และเขียนแผนผังแสดงความสัมพันธ์ของแนวคิดพื้นฐานดังกล่าวกับแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

2. ปรับปรุงคำอธิบายหรือเป้าหมายของแต่ละขั้นตอนในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ว่าสามารถส่งเสริมความสามารถนี้ของนักเรียนในองค์ประกอบใด และอย่างไร

3. เพิ่มเติมตัวอย่างของเครื่องมือ สื่อการเรียนรู้ และเทคนิคการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน พร้อมอธิบายวิธีการใช้

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ แล้วนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและประเมินความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นกับประเด็นพิจารณาต่าง ๆ ประกอบด้วย ความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานและลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ความสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน ตลอดจนการมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ เมื่อนำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า IOC ของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน จึงผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

ในขณะเดียวกัน ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในภาพรวมและขั้นตอนต่าง ๆ ทั้งด้านของภาษา บทบาทของครูและนักเรียน ความเป็นลำดับขั้นตอน ตลอดจนการนำไปใช้จริงในชั้นเรียนได้ ผลการประเมินพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้และขั้นตอนต่าง ๆ มีคะแนนเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.33 – 5.00 ในทุกหัวข้อการประเมิน และแปลความหมายได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้และขั้นตอนต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก – มากที่สุด (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในแต่ละขั้นตอนให้สมบูรณ์และเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยมีประเด็นในการปรับปรุงแก้ไขดังนี้

1. ปรับปรุงคำอธิบายกิจกรรมในขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ว่าเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนทำเดี่ยวหรือทำเป็นกลุ่ม และหากให้ทำกิจกรรมแบบกลุ่มจะสามารถประเมินความสามารถนี้ของนักเรียนรายบุคคลได้อย่างไร

2. ปรับปรุงบทบาทของครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อลดความซ้ำซ้อนของกิจกรรมที่ให้ทำในแต่ละขั้นตอน

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วพัฒนาเป็นกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา ทำให้พบข้อจำกัดของแต่ละขั้นตอน ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปข้อจำกัดและแนวทางในการปรับปรุงไว้ดังนี้

1. ขั้นเปิดประเด็นคำถาม นักเรียนบางส่วนไม่รู้จักสิ่งมีชีวิตที่ยกตัวอย่างและไม่สามารถจิตนาการถึงสภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่นำมาใช้ ทำให้ผู้วิจัยต้องพิจารณาเลือกใช้ตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนทุกคนรู้จัก และมีการนำวีดิทัศน์เข้ามาช่วยในนักเรียนได้เห็นสภาพปัญหาที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2. ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ค่อนข้างน้อย ผู้วิจัยจึงทำการปรับลดระยะเวลาในขั้นตอนนี้ลง เพื่อให้ขั้นตอนอื่น ๆ มีระยะเวลาในการทำกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น

3. ขั้นค้นหาหลักฐาน นักเรียนใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากในการสืบค้นข้อมูล เนื่องจากคำถามชี้นำในการค้นหาข้อมูลที่ครูกำหนดทำให้นักเรียนต้องค้นคว้าข้อมูลที่กว้างมากเกินไป ในขณะเดียวกัน มีนักเรียนบางส่วนที่สืบค้นข้อมูลไม่ตรงประเด็น ไม่สามารถสืบค้นข้อมูลได้หรืออาจไม่ครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด ผู้วิจัยจึงทำการระบุคำสำคัญที่นักเรียนต้องสืบค้น และกำหนดขอบเขตของคำถามชี้นำให้มีความชัดเจนและครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มากยิ่งขึ้น

4. ขั้นเขียนแผนภาพ นักเรียนส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากในการพิจารณาหาเหตุผลที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงทำการเพิ่มระยะเวลาการทำกิจกรรมในขั้นตอนนี้ให้มากขึ้น

5. ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังติดปัญหาช่วงเริ่มต้นประโยคในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยไม่ได้ตัวอย่างการเขียนไว้ในใบกิจกรรม ทำให้นักเรียนขอดูตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่บ่อยครั้ง ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงใบกิจกรรมให้มีตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมด้วยเพื่อความสะดวกในการทำกิจกรรมของนักเรียน

6. ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนต้องใช้ระยะเวลาในการทำกิจกรรมที่มาก ทั้งการระบุข้อกล่าวอ้าง การค้นหาหลักฐาน การระบุเหตุผล ตลอดจนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงเพิ่มระยะเวลาในการทำกิจกรรมในขั้นตอนนี้ให้มากขึ้น

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังพบว่า นักเรียนต้องเขียนข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลใหม่ในหลายขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนต้องใช้ระยะเวลาที่มากในการทำกิจกรรมและรู้สึกอ่อนล้าจากการเขียนข้อมูลซ้ำ ๆ ผู้วิจัยจึงปรับใช้กระดาษโน้ตแบบมีกาว (Post-it) เพื่อให้นักเรียนสามารถลอกไปติดในใบกิจกรรมส่วนต่าง ๆ ได้ โดยไม่ต้องเขียนซ้ำ พร้อมขยายใบกิจกรรมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อความสะดวกในการทำกิจกรรมกลุ่มของนักเรียน

ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขหลังจากการนำไปทดลองใช้ จนได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พร้อมสำหรับการนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ทั้งนี้ ภายหลังการนำไปใช้จริง ผู้วิจัยได้พบข้อจำกัดของแต่ละขั้นตอนเพิ่มเติม ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปข้อจำกัดและทำการปรับปรุง ดังนี้

1. ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนบางกลุ่มมีความเข้าใจว่า สามารถระบุข้อกล่าวอ้างชั่วคราวได้เพียง 1 ข้อที่เป็นไปได้มากที่สุดเท่านั้น นักเรียนจึงใช้ระยะเวลาปรึกษากันภายในกลุ่มค่อนข้างมาก และพยายามค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ผู้วิจัยจึงทำการอธิบายเพิ่มเติม ให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างชั่วคราวหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ในประเด็นที่กำหนดให้มากกว่า 1 ข้อ ซึ่งนักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลและพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องที่สุดได้จากกิจกรรมในขั้นตอนต่อไป

2. ขั้นค้นหาหลักฐาน นักเรียนบางคนได้หลักฐานมาจากแหล่งข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ทำให้ข้อมูลที่สืบค้นได้มีความขัดแย้งกับเพื่อนในกลุ่ม ผู้วิจัยจึงเพิ่มกิจกรรมให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่สืบค้นได้มาอภิปรายแลกเปลี่ยนถึงความถูกต้องของหลักฐานนั้น ๆ เพื่อให้ได้หลักฐานที่ถูกต้องในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ นักเรียนบางกลุ่มเขียนหลักฐานและการให้เหตุผลได้ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ตามที่ได้เขียนไว้ในขั้นตอนก่อนหน้า อาจมีการตัดย่อข้อความให้สั้นลงเพื่อความรวดเร็วในการเขียน จนทำให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นในบางองค์ประกอบมีใจความที่ไม่สมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงเพิ่มกิจกรรมให้นักเรียนได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น โดยเพิ่มระยะเวลาให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนคำอธิบายที่นักเรียนสร้างขึ้นร่วมกันในชั้นเรียนด้วย

จากกระบวนการวิจัยและพัฒนาทั้ง 3 วงรอบ ทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่สมบูรณ์ สามารถพัฒนาทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จนนักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่ดีขึ้น ผู้วิจัยได้ตั้งชื่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพ (Diagram-based scientific explanation learning model หรือ DSE learning model) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นเปิดประเด็นคำถาม (Introducing the question) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง (Brainstorming to identify a claim) ขั้นค้นหาหลักฐาน (Finding evidence) ขั้นเขียนแผนภาพ (Drawing a diagram) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Constructing a scientific explanation) และขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ (Constructing explanations for new situation) ดังนี้

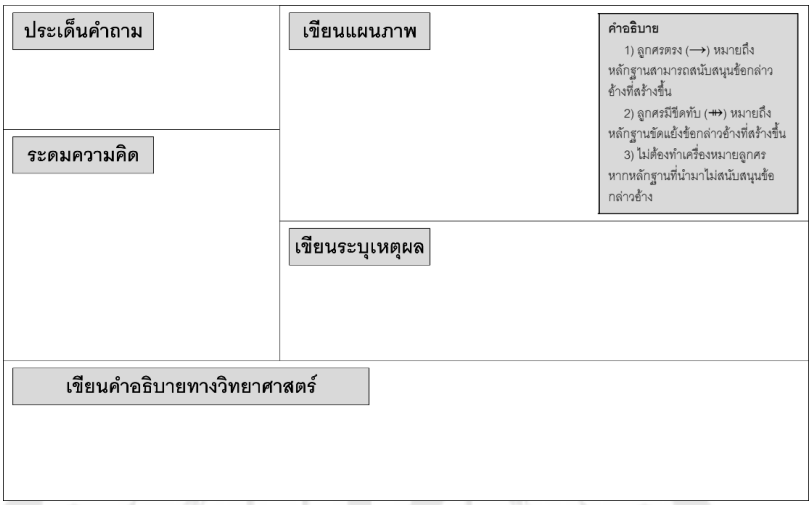
1. **ขั้นเปิดประเด็นคำถาม** เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และระบุประเด็นคำถามที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีการอธิบายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือความรู้ในสถานการณ์ที่กำหนดเพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาหรือคำถามที่ครูกำหนดให้ออกมา อีกทั้งยังเป็นการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เปรียบเทียบความเข้าใจของตนเองต่อปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาก่อนและหลังการเรียนรู้

2. **ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนช่วยกันระดมความคิดภายในกลุ่มเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ในรูปของแผนผังความคิด ทั้งนี้ ข้อกล่าวอ้างที่ระบุนั้นเป็นเพียงข้อกล่าวอ้างชั่วคราว และอาจระบุได้มากกว่า 1 ข้อ ซึ่งนักเรียนสามารถพิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องที่สุดได้จากการทำกิจกรรมในขั้นตอนต่อไป

ข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นนี้ให้นักเรียนเขียนลงในใบกิจกรรมที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเขียนข้อมูลที่ได้ลงในพื้นที่ที่กำหนด ซึ่งใบกิจกรรมจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ส่วน ส่วนที่ 1 ประเด็นคำถาม เป็นส่วนที่นักเรียนจะเขียนคำถามที่ครูต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 ระดมความคิด เป็นส่วนที่นักเรียนจะได้เขียนแผนผังที่เป็นข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นซึ่งเป็นสมมติฐานหรือข้อสันนิฐานที่เป็นไปได้ ส่วนที่ 3 แผนภาพ เป็นการเขียนแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ส่วนที่ 4 การ

ให้เหตุผล เป็นส่วนที่ให้นักเรียนอธิบายเหตุผลว่าหลักฐานที่มีสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนักเรียนอย่างไร และส่วนที่ 5 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนที่นักเรียนใช้เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยใช้องค์ประกอบที่รวบรวมได้จากขั้นตอนก่อนหน้า ดังภาพ 17



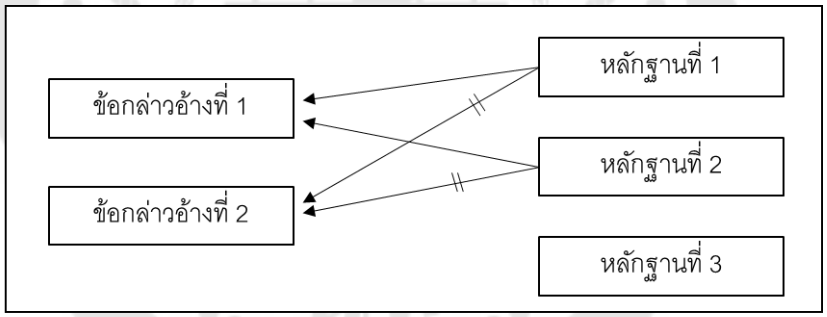
ภาพประกอบ 17 ตัวอย่างใบกิจกรรมที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้

นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มช่วยกันระดมความคิดเห็นถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง มีการสร้างข้อกล่าวอ้างชั่วคราวในลักษณะของสมมติฐานหรือข้อสันนิษฐานที่คาดว่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนมีการออกแบบแนวทางการศึกษาค้นคว้า เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือคำอธิบายของคำถามที่กำหนด ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้าง โดยนักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม ผ่านการระดมความคิดร่วมกันภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นกรอบในการค้นคว้าองค์ความรู้ที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป และสะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย

3. **ขั้นค้นหาหลักฐาน** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนในกลุ่มแบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูลและหลักฐานในองค์ความรู้ที่เกี่ยวเนื่องกับประเด็นคำถาม ซึ่งครูอาจใช้คำถามเพื่อชี้นำแนวทางการสืบค้นข้อมูลและการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้อง โดยนักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบโดยค้นคว้าข้อมูลหรือทำการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง พร้อมอภิปรายถึงความถูกต้องของหลักฐานแต่ละชิ้นที่ได้ โดยในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล้าวอ้างที่สร้างขึ้น ผ่านการสำรวจตรวจสอบ

ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและเหมาะสม และสะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่นักเรียนได้ให้ความสำคัญกับหลักฐานของคำถามที่ตั้งขึ้นอีกด้วย

4. **ขั้นเขียนแผนภาพ** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้เขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำเข้ามาใช้เพื่อช่วยให้นักเรียนเขียนเหตุผลที่แสดงให้เห็นว่า หลักฐานที่นักเรียนเลือกมานั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นอย่างไร พร้อมตัดสินใจเลือกข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ซึ่งการเขียนแผนภาพนั้นจะใช้เครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ 2 รูปแบบ คือ 1) ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น และ 2) ลูกศรมีขีดทับ (↛) หมายถึง หลักฐานขัดแย้งข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น แต่หากหลักฐานที่นำมาไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างใด ๆ ไม่ต้องทำเครื่องหมายลูกศร ดังภาพ 18 การโยงเส้นเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างชั่วคราวที่สร้างขึ้นทั้งหมด และเป็นการเปลี่ยนผ่านจากข้อกล่าวอ้างชั่วคราวไปสู่ข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง



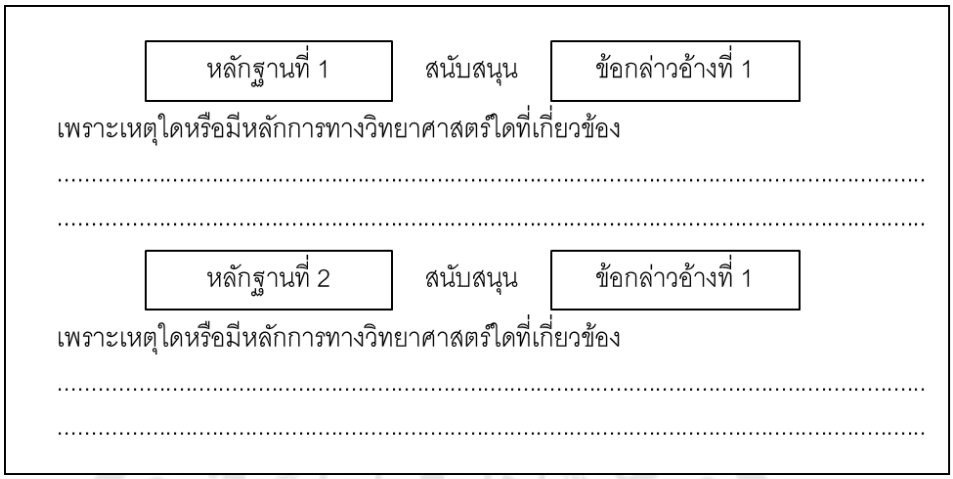
คำอธิบาย

1) ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น
2) ลูกศรมีขีดทับ (↛) หมายถึง หลักฐานขัดแย้งข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น
3) ไม่ต้องทำเครื่องหมายลูกศร หากหลักฐานที่นำมาไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ภาพประกอบ 18 ตัวอย่างการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

ก่อนเขียนแผนภาพ นักเรียนต้องนำหลักฐานที่สืบค้นได้มาอภิปรายร่วมกัน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานที่สืบค้นได้ แล้วเขียนเครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว พร้อมเขียนเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพลงในใบกิจกรรมที่กำหนดให้

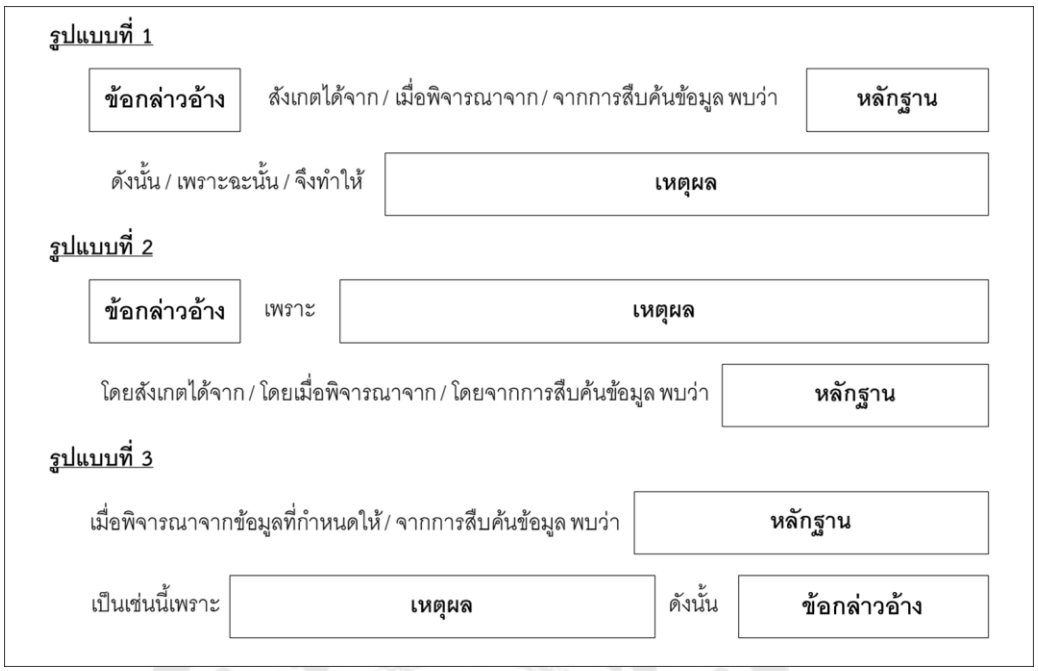
การเขียนเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพนั้น นักเรียนจะได้นำข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สืบค้นได้มาอธิบายเหตุผลประกอบทีละคู่ ว่าหลักฐานแต่ละชิ้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นอย่างไร โดยใช้แบบบันทึกที่กำหนดในใบกิจกรรมส่วนของการให้เหตุผล ดังภาพ 19



ภาพประกอบ 19 ลักษณะการบันทึกเหตุผลจากแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผล ซึ่งเป็นองค์ความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงหลักฐานที่มีไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ผ่านการใช้เทคนิคแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ที่ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาว่าหลักฐานที่นำมานั้น มีความเหมาะสมต่อการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่ และช่วยให้เห็นแนวทางการให้เหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าหลักฐานที่นำมาสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร จนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของประเด็นที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ที่นักเรียนได้ให้ความสำคัญกับหลักฐานของคำถามที่ตั้งขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่มีอีกด้วย

5. **ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลหลักฐานที่รวบรวมได้ ประกอบกับการให้เหตุผลจากขั้นอภิปรายและเขียนแผนภาพ โดยใช้ตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่กำหนดให้ ซึ่งมีการนำองค์ประกอบต่าง ๆ จากขั้นตอนก่อนหน้า มาเรียบเรียงด้วยคำเชื่อมแบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถเขียนได้หลายรูปแบบที่มีการวางตำแหน่งขององค์ประกอบแตกต่างกัน ทั้งนี้ในแต่ละองค์ประกอบสามารถวางสลับตำแหน่งกันได้ ดังภาพ 20



ภาพประกอบ 20 วิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ

ภายหลังจากกิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในชั้นเรียน เพื่อหาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีที่สุด และสร้างข้อสรุปและองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษาร่วมกัน

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้นผ่านการนำข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลที่ได้ในขั้นตอนก่อนหน้า มาร้อยเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบการเขียนที่กำหนดให้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเลี่ยนเรียนรู้และประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นภายในชั้นเรียน จนเกิดเป็นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษา อีกทั้งยังสะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่นักเรียนได้สื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล และเชื่อมโยงคำอธิบายที่สร้างขึ้นสู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

6. **ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้า ไปประยุกต์ใช้ในการสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ที่สอดคล้องกับประเด็นที่ศึกษา จากนั้นมีการสะท้อนผลการเรียนรู้และการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนร่วมกันในชั้นเรียน

ในขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่มีในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นใหม่ เปรียบเสมือนการประเมินความรู้ความเข้าใจของนักเรียนต่อประเด็นที่ศึกษา และประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและแยกตามองค์ประกอบ

ทั้งนี้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ดังกล่าว สามารถนำไปใช้โดยเรียงลำดับตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถในการระบุข้อกล่าวจากขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง ส่งเสริมความสามารถในการแสดงหลักฐานในขั้นค้นหาหลักฐาน ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลในขั้นเขียนแผนภาพ และส่งเสริมความสามารถดังกล่าวในภาพรวมในขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 6 ที่นักเรียนต้องเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ ครูสามารถจัดกิจกรรมโดยย้อนกลับไปสู่กิจกรรมในขั้นที่ 2 ได้ใหม่อีกครั้ง เพื่อให้นักเรียนรวบรวมองค์ประกอบต่าง ๆ ก่อนนำมาสร้างเป็นคำอธิบายของสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดขึ้น ดังภาพ 21

ภาพประกอบ 21 แนวทางการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

ในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนได้ ดังตาราง 17

ตาราง 17 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	● กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยนำเข้าสู่บทเรียนด้วยประเด็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ● ตั้งคำถาม เพื่อสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ● ระบุประเด็นคำถามที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	● อธิบาย แลกเปลี่ยนความคิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถามที่ครูกำหนด ● ทำความเข้าใจกับคำถามที่ครูกำหนดให้นำไปใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	● จัดกิจกรรมให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดภายในกลุ่มเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างชั่วคราว ข้อสันนิษฐาน หรือสมมติฐาน ในลักษณะของแผนผังความคิด	● ช่วยกันระดมความคิดเพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างชั่วคราวในลักษณะของสมมติฐานหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ ● วางแผนหรือออกแบบแนวทางการศึกษาค้นคว้า เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือคำอธิบายของคำถาม
3. ขั้นค้นหาหลักฐาน	● ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลและหลักฐานในองค์ความรู้ที่เกี่ยวเนื่องกับคำถามตามที่นักเรียนเขียนแผนผังไว้ ● ใช้คำถามเพื่อชี้นำแนวทางการสืบค้นข้อมูลและการสำรวจตรวจสอบที่ถูกต้องให้กับนักเรียน ● ให้นักเรียนเขียนหลักฐานที่สืบค้นได้ลงในใบกิจกรรม ● จัดกิจกรรมให้นักเรียนนำข้อมูลหรือหลักฐานที่สืบค้นได้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน	● ทำการสำรวจตรวจสอบในลักษณะของการค้นคว้าข้อมูลหรือการทำการทดลอง เพื่อให้ได้หลักฐานมาประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ● เขียนข้อสรุปของหลักฐานที่สืบค้นได้ลงในใบกิจกรรม ● นำหลักฐานมาอภิปรายร่วมกัน เพื่อลงข้อสรุปในหลักฐานที่ถูกต้อง

ตาราง 17 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขั้นเขียนแผนภาพ	• อธิบายวิธีการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง • ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันระดมความคิดในการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง พร้อมทั้งเขียนเหตุผลประกอบการใช้หลักฐานสนับสนุน	• ทำกิจกรรมการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง โดยใช้เครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น • เขียนเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพ
5. ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	• อธิบายรูปแบบและวิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ • มอบหมายให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียน โดยใช้รูปแบบการเขียนที่ยกตัวอย่าง • จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้นำเสนอ และสรุปคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเหมาะสมที่สุด	• สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามในสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ • นำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในชั้นเรียนเพื่อหาคำอธิบายที่ดีที่สุด • สร้างข้อสรุปและองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษา
6. ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	• ยกตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ เพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลและหลักฐานเดิม • ตั้งคำถามให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนก่อนหน้าไปประยุกต์ใช้ในการอธิบายสถานการณ์ใหม่ • ประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้น • สะท้อนผลการเรียนรู้และผลของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	• สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดให้ โดยใช้องค์ความรู้ที่ได้สืบค้นจากขั้นตอนก่อนหน้า • นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น

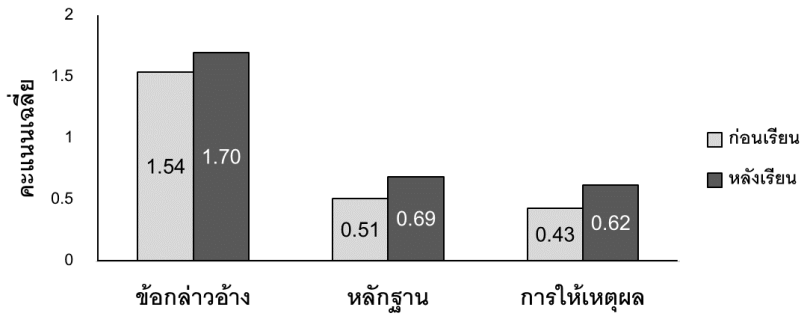
ส่วนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

จากการเปรียบเทียบความสามารถดังกล่าวของนักเรียนจำนวน 36 คน ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดความสามารถดังกล่าว จำนวน 2 ฉบับ แบบคู่ขนาน ฉบับละ 5 ข้อ ข้อละ 6 คะแนน รวมคะแนนเต็มฉบับละ 30 คะแนน พบว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุด 19.00 คะแนน ต่ำสุด 5.00 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 12.56 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.42 คะแนน ส่วนหลังเรียน นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุด 26.00 คะแนน ต่ำสุด 8.00 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 15.503 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.51 คะแนน ดังตาราง 18

ตาราง 18 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	$\bar{x}$	$S.D.$
ก่อนเรียน	36	30.00	19.00	5.00	12.56	4.42
หลังเรียน	36	30.00	26.00	8.00	15.03	5.51

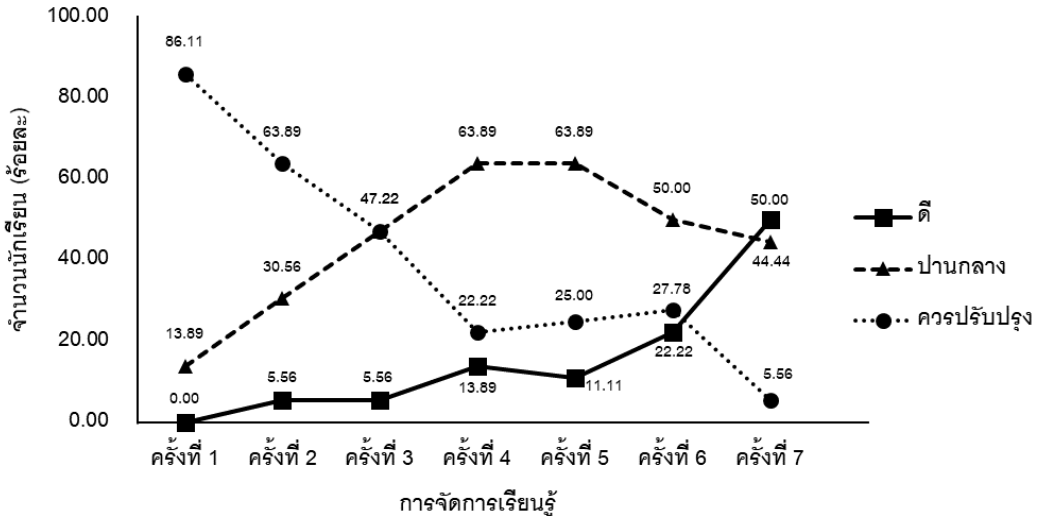
จากตาราง 17 สังเกตได้ว่า หลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถดังกล่าวสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบย่อยระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบ ดังภาพ 22



ภาพประกอบ 22 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

ส่วนที่ 3 ผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

จากการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ของนักเรียน จำนวน 36 คน ตลอดระยะเวลาที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยวัดจากผลการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ลงในใบกิจกรรมประกอบหน่วยการเรียนรู้ จำนวน 7 หน่วย หน่วยละ 1 ใบกิจกรรม รวมเป็นการวัดทั้งสิ้น 7 ครั้ง ในแต่ละครั้งทำการพิจารณาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนใน 3 ระดับ คือ ดี ปานกลาง และควรปรับปรุง พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวอยู่ในระดับควรปรับปรุง มีมากถึงร้อยละ 86.11 ระดับปานกลางมีร้อยละ 13.89 และไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 – 6 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวในภาพรวมอยู่ในระดับควรปรับปรุงลดน้อยลง ในขณะที่ระดับดีและปานกลางเพิ่มมากขึ้น โดยในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถอยู่ในระดับควรปรับปรุง ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5.56 ระดับปานกลางเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 44.44 ส่วนระดับดีเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 50.00 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมดีขึ้นในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ดังภาพ 23

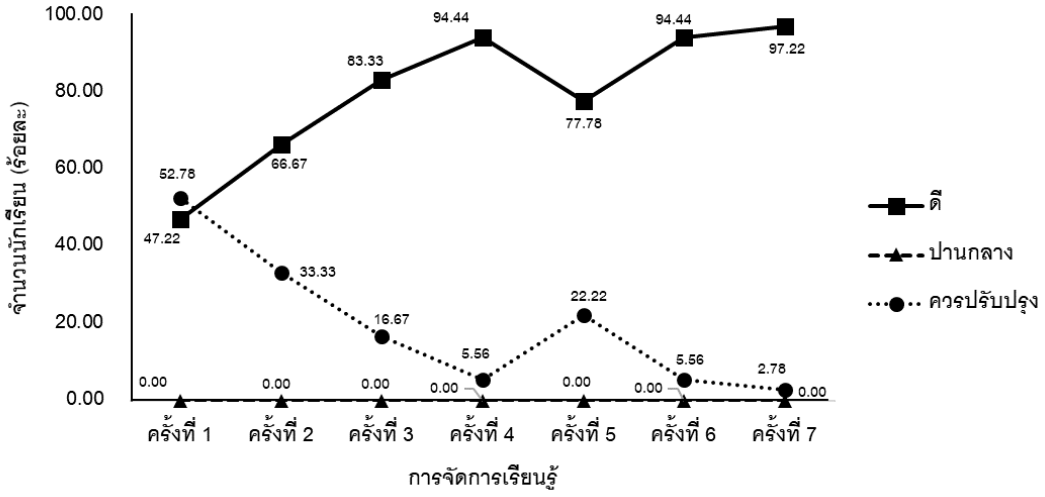


ภาพประกอบ 23 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวม

จากภาพประกอบ 23 สังเกตได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 5 มีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวในภาพรวมที่อยู่ในระดับดีลดน้อยลงกว่าครั้งที่ 4 และนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง โดยประเด็นคำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 5 นั้น เป็นประเด็นเกี่ยวกับวิธีการบำบัดน้ำเสีย ผู้วิจัยให้นักเรียนพิจารณาว่าระหว่าง “การใช้กังหันน้ำพลังงานแสงอาทิตย์” กับ “การใช้ผักตบชวา” วิธีการใดเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำเสียโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำได้มากกว่า ซึ่งเมื่อพิจารณาจากหลักฐานที่นักเรียนเขียน พบว่า นักเรียนบางส่วนค้นพบว่าการปลูกพืชในน้ำ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเพิ่มขึ้น นักเรียนจึงเลือกตอบ “การใช้ผักตบชวา” โดยไม่ได้พิจารณาต่อว่าเป้าหมายของการใช้ผักตบชวานั้นคือการดูดซับโลหะหนักในแหล่งน้ำ ไม่ใช่การเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำ เมื่อหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง สิ่งที่สังเกตได้ คือ ข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนระบุนั้นไม่ถูกต้อง และระบุเหตุผลโดยมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สมบูรณ์ นักเรียนจึงมีความสามารถนี้ในภาพรวมที่อยู่ในระดับดีมีจำนวนน้อยลงกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งก่อนหน้า และนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง โดยการระบุหลักฐานที่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและการระบุเหตุผลที่ไม่สมบูรณ์

เมื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนในการระบุข้อกล่าวอ้างจากการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับควรปรับปรุง คือ ไม่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้หรือระบุได้ไม่ถูกต้อง มีมากถึงร้อยละ 52.78 ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดี คือ สามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ มีเพียงร้อยละ 47.22 โดยไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวในระดับปานกลาง คือ สามารถระบุข้อกล่าวได้อย่างถูกต้องและไม่สมบูรณ์ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 – 4 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับควรปรับปรุงลดน้อยลง ในขณะที่ระดับดีมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น แต่ในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 5 มีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีลดน้อยลงกว่าครั้งที่ 4 โดยนักเรียนสืบค้นข้อมูลไม่ครอบคลุมในประเด็นที่กำหนดและระบุข้อกล่าวอ้างได้ไม่ถูกต้อง (ดังบรรยายไว้ข้างต้น) นักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างที่อยู่ในระดับดีมีจำนวนน้อยลงกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งก่อนหน้า จนถึงการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 6 ที่ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีกลับมาเพิ่มมากขึ้นอีกครั้ง และเมื่อถึงการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับควรปรับปรุงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.78 ในขณะที่นักเรียนที่มี

ความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีมีเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 97.22 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าฯ ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างที่ดีขึ้น ในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ดังภาพ 24

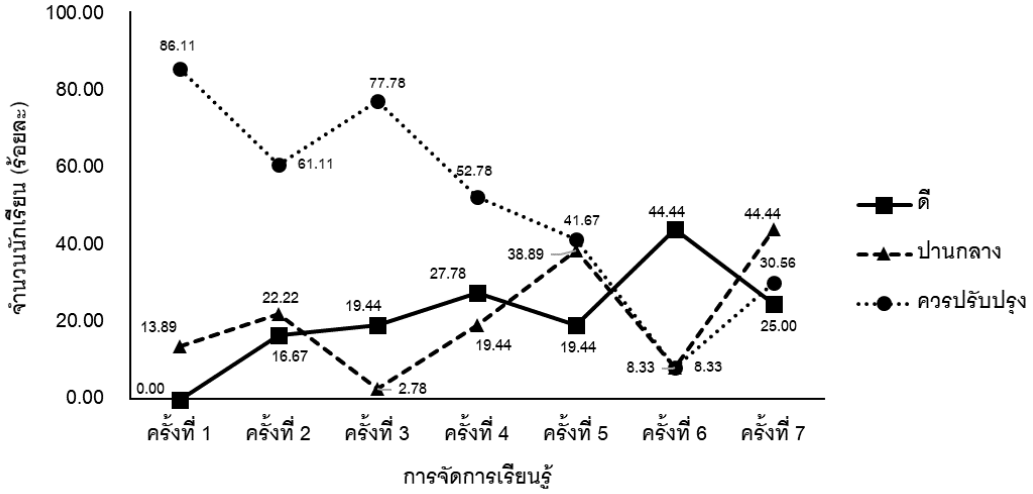


ภาพประกอบ 24 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง

จากภาพประกอบ 24 สังเกตได้ว่า ไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุข้อกล่าวในระดับปานกลาง (สามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ระบุไม่ครบหรือไม่สมบูรณ์) โดยประเด็นคำถามที่ผู้วิจัยนำมาใช้นั้นกำหนดให้นักเรียนได้พิจารณาเลือกข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องที่สุดเพียงหนึ่งประเด็นเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ประเด็นคำถามในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 ที่ให้นักเรียนพิจารณารูปภาพใน 2 บริเวณ คือ บริเวณ A และ B แล้วตั้งคำถามว่าบริเวณใดจะกลายเป็นป่าอุดมสมบูรณ์ก่อนกัน ซึ่งนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้เพียงบริเวณ A หรือ B เท่านั้น จึงไม่พบนักเรียนที่ระบุข้อกล่าวอ้างมากกว่า 1 ข้อ หรือระบุไม่สมบูรณ์

เมื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนในการระบุหลักฐานจากการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุเหตุผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง คือ ไม่สามารถระบุหลักฐานได้หรือระบุได้ไม่ถูกต้อง มีมากถึงร้อยละ 86.11 ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานอยู่ในระดับปานกลาง คือ สามารถระบุหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือมีบางส่วนไม่เหมาะสม มีเพียงร้อยละ 13.89 และไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานอยู่ในระดับดี คือ

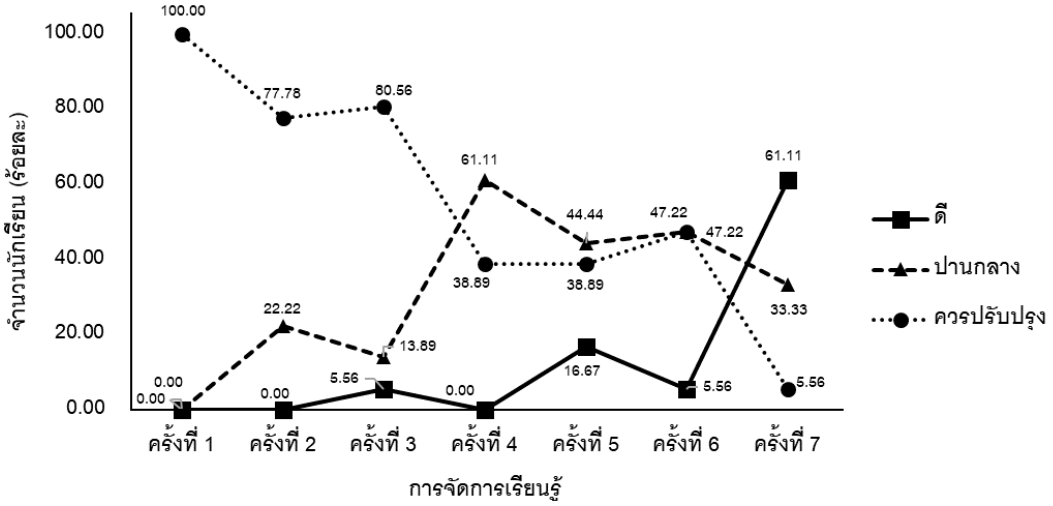
สามารถระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 – 6 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับควรปรับปรุงลดน้อยลง ในขณะที่ระดับดีและปานกลางเพิ่มมากขึ้น จนถึงการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานอยู่ในระดับควรปรับปรุงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 30.56 ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานอยู่ในระดับดีมีเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 25.00 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าฯ ในองค์ประกอบหลักฐานที่ดีขึ้น ในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ดังภาพ 25



ภาพประกอบ 25 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบหลักฐาน

จากภาพประกอบ 25 สังเกตได้ว่า จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานอยู่ในระดับดีมีร้อยละเพิ่มมากขึ้นในแต่ละครั้งที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 6 ที่นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นมลพิษทางอากาศที่เกี่ยวข้องกับการเกิดฝนกรด กิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งนี้มีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุหลักฐานสูงขึ้นมากกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งอื่น ๆ โดยประเด็นคำถามที่ผู้วิจัยนำมาใช้มีการให้ข้อมูลประกอบที่มีรายละเอียดค่อนข้างมาก และนักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับสาเหตุของการเกิดฝนกรดได้อย่างถูกต้อง สิ่งที่สังเกตได้ คือ นักเรียนเขียนสรุปองค์ความรู้ที่สืบค้นเป็นหลักฐานออกมาได้ดี อีกทั้งยังเขียนหลักฐานสนับสนุนได้อย่างเพียงพอและเหมาะสมกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนในการให้เหตุผลจากการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการให้หลักฐานอยู่ในระดับควรปรับปรุง คือ ไม่สามารถไม่ให้เหตุผลได้หรือให้เหตุผลได้ไม่ถูกต้อง มีมากถึงร้อยละ 100.00 โดยไม่พบนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับปานกลาง คือ มีการให้เหตุผลโดยกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ หรือให้หลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ และนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี คือ สามารถให้เหตุผลที่เหมาะสมและสมบูรณ์ ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 2 – 6 ร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับควรปรับปรุงลดน้อยลง ในขณะที่ระดับดีและปรับปรุงเพิ่มมากขึ้น จนถึงการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 จำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับควรปรับปรุงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5.56 ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับปานกลางมีเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 33.33 และนักเรียนที่มีความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับดีมีเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 61.11 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าฯ ในองค์ประกอบการให้เหตุผลที่ดีขึ้น ในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ดังภาพ 26



ภาพประกอบ 26 ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในองค์ประกอบการให้เหตุผล

จากภาพประกอบ 26 สังเกตได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 7 ที่มีร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการระบุเหตุผลสูงขึ้นมากกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งอื่น ๆ โดยประเด็นคำถามที่ใช้เป็นการกล่าวถึงแหล่งกำเนิดแก๊สมีเทนจากการทำปศุสัตว์ ซึ่งมีแหล่งข้อมูลแต่ละแหล่งที่นักเรียนใช้สืบค้นบ่งชี้ไปในแนวทางเดียวกันว่า การเลี้ยงสัตว์กลุ่มวัวควายที่เป็นสัตว์

เคี้ยวเอื้องก่อให้เกิดแก๊สมีเทนมากกว่าการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่น ๆ ในการทำปศุสัตว์ เนื่องจากมีกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหาร เมื่อนักเรียนเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ สิ่งที่สังเกตได้ คือ นักเรียนส่วนใหญ่เขียนสรุปเป็นเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายและมีความสมบูรณ์มากกว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งอื่น ๆ ที่นักเรียนต้องทำความเข้าใจกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความซับซ้อนมากกว่า

ส่วนที่ 4 ผลการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ในหลังแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบกับการสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ที่มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน 3 ระดับ ระดับละ 5 คน คือ ระดับดี (รหัส A1 - A5) ปานกลาง (รหัส B1 - B5) และควรปรับปรุง (รหัส C1 - C5) หลังสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ทำให้ได้ผลสะท้อนเกี่ยวกับผลของการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละขั้นตอน ต่อการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ดังนี้

1. **ขั้นเปิดประเด็นคำถาม** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงการให้ความสนใจ โดยมีส่วนร่วมในการตอบคำถามในประเด็นที่ครูนำเสนอ และมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในประเด็นคำถามที่ครูกำหนดขึ้น โดยนักเรียนที่มีองค์ความรู้ในประเด็นที่นำเสนอ มีการแสดงพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามและการแสดงความคิดเห็นมากกว่านักเรียนที่ไม่มีองค์ความรู้มาก่อน โดยเฉพาะการแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่มีความใกล้ตัวกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับดีและปานกลาง มีมุมมองว่าการนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาและจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน ช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นของตนเอง มีความเข้าใจในเบื้องต้นก่อนที่จะได้เรียนรู้ในเนื้อหา และสามารถนำมาเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“พอได้ดูภาพหรือคลิปวีดิโอ ก็ทำให้เราเห็นภาพมากขึ้นในเรื่องนั้นค่ะ”

(นักเรียน A3)

“ตอนดูวีดิโอก็ช่วยให้เข้าใจในเรื่องที่จะเรียนก่อนค่ะ”

(นักเรียน A4)

“ตอนที่เราพูดคุยกันตอนเริ่ม มันทำให้เข้าใจว่าเรากำลังเรียนอะไรค่ะ”

(นักเรียน B1)

“คลิปที่ได้ดูเอามาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนได้ครับ”

(นักเรียน A2)

ในขณะเดียวกัน นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถฯ ในระดับควรปรับปรุง มีมุมมองต่อประเด็นคำถามที่ใช้ว่ามีการใช้ข้อคำถามที่ยาวและให้ข้อมูลที่มากเกินไป ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและไม่เข้าใจในคำถาม อีกทั้งยังต้องการให้มีการปรับประโยคและหัวข้อตัวเลือกในคำถามให้น้อยลง ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“งงบางคำถาม ไม่เข้าใจคำถาม คำถามมันยาว ข้อมูลที่ให้มันยาวด้วยค่ะ”

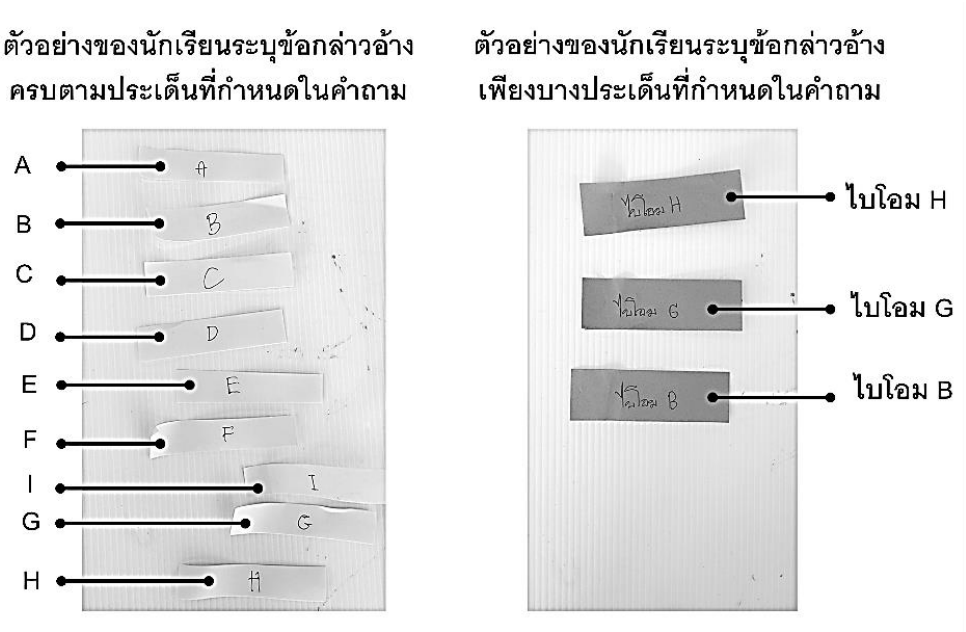
(นักเรียน C1)

“หัวข้อในคำถามเยอะเกินไปค่ะ อยากให้ปรับหัวข้อลง”

(นักเรียน C2)

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า การที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเห็นในประเด็นที่ศึกษาก่อนการเรียนรู้ นอกจากช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นของตนเองแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นตอนต่อไปได้

2. **ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงความพยายามในการระบุข้อกล่าวอ้างชั่วคราวหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้แตกต่างกัน นักเรียนบางกลุ่มเลือกระบุข้อกล่าวอ้างทั้งหมดตามประเด็นคำถามที่กำหนดให้ ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มเลือกระบุข้อกล่าวอ้างที่มีความเฉพาะเจาะจงหรือเหลือไว้เฉพาะข้อกล่าวอ้างที่เป็นไปได้เท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เรื่อง ไบโอม ที่มีประเด็นคำถามว่า “สวนสัตว์ควรจัดสิ่งแวดล้อมให้กับสัตว์ชนิดนี้ตามลักษณะทางภูมิศาตร์ของไบโอมใด” โดยกำหนดไบโอมให้จำนวน 9 รูปแบบ คือ ไบโอม A B C D E F G H และ I ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มระบุข้อกล่าวอ้างทั้ง 9 รูปแบบ ในขณะที่บางกลุ่มระบุข้อกล่าวอ้างเพียง 2 – 3 รูปแบบ เท่านั้น ดังภาพ 27



ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างการเขียนข้อกล่าวอ้างของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 1

ผู้วิจัยจึงได้ทำการสนทนาเพิ่มเติมกับนักเรียน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เลือกเขียนข้อกล่าวอ้างทั้งหมด กับกลุ่มที่เลือกเขียนเฉพาะที่เป็นไปได้ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า การมีองค์ความรู้หรือประสบการณ์ในเนื้อหาที่นำมาใช้เป็นประเด็นคำถาม มีส่วนช่วยในการระบุข้อกล่าวอ้างของนักเรียนเป็นอย่างมาก นักเรียนกลุ่มใดที่พอมีองค์ความรู้ในสถานการณ์ที่นำมาใช้อยู่บ้างสามารถเขียนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเฉพาะเจาะจง โดยตัดข้อกล่าวอ้างที่เป็นไปไม่ได้ออก ส่วนนักเรียนกลุ่มใดที่ยังไม่มีองค์ความรู้ในสถานการณ์ที่นำมาใช้เป็นคำถาม มักเลือกเขียนข้อกล่าวอ้างทั้งหมดที่กำหนดให้ในประเด็นคำถาม ดังตัวอย่างบทสนทนาดังนี้

1) นักเรียนกลุ่มที่เลือกระบุข้อกล่าวอ้างทั้งหมด

“ทำไมนักเรียนจึงเลือกระบุทั้งหมด ไม่เลือกเฉพาะที่เป็นไปได้เท่านั้น”

(ผู้วิจัย)

“หนูไม่รู้ว่าอะไรที่เป็นไปได้บาง จึงเลือกทั้งหมดค่ะ”

(นักเรียน 1)

2) นักเรียนกลุ่มที่เลือกระบุข้อกล่าวอ้างเพียงเฉพาะที่เป็นไปได้

"ทำไมจึงเลือกระบุเฉพาะข้อกล่าวอ้างนี้เท่านั้น ทำไมจึงไม่ระบุทั้งหมด"

(ผู้วิจัย)

"ผมเลือกเฉพาะข้อกล่าวอ้างที่เป็นไปได้ อันที่เป็นไปไม่ได้ผมตัดออกครับ"

(นักเรียน 2)

"รู้ได้อย่างไรว่าอันไหนเป็นไปได้หรือเป็นไปไม่ได้"

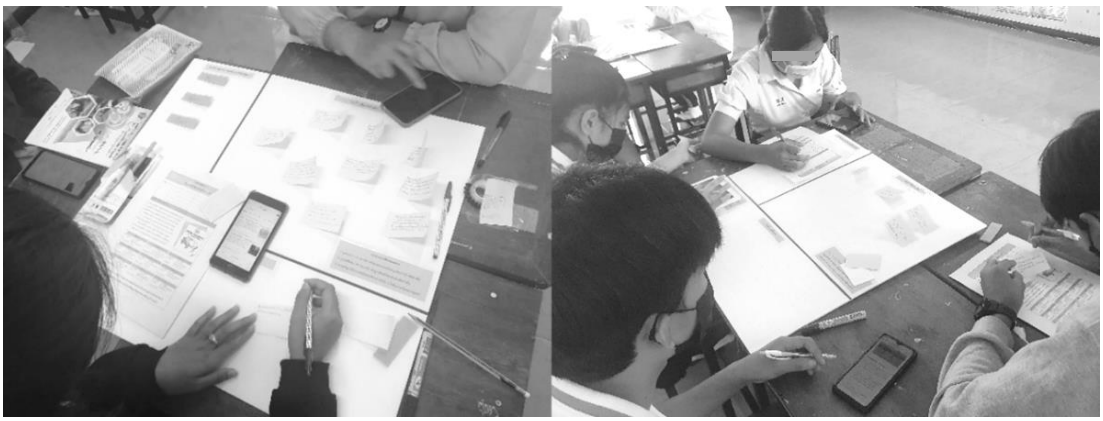
(ผู้วิจัย)

"ผมดูจากข้อมูลที่กำหนดและสิ่งที่ผมเคยเรียนมาครับ"

(นักเรียน 2)

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนที่สามารถระบุข้อกล่าวอ้างชั่วคราวได้ดี มักเป็นนักเรียนในกลุ่มที่มีความรู้ในประเด็นที่นำมาใช้ ดังนั้น การมีองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษาจึงมีส่วนสำคัญในการระบุข้อกล่าวอ้างของนักเรียน

3. **ขั้นค้นหาหลักฐาน** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงความพยายามในการค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นแตกต่างกัน นักเรียนบางกลุ่มสืบค้นหลักฐานได้เป็นอย่างดี มีความถูกต้อง และได้หลักฐานหลายชิ้น จนสามารถระบุคำตอบของประเด็นคำถามได้อย่างถูกต้อง โดยอาศัยครูในการชี้นำแนวทางการค้นคว้าข้อมูลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มต้องอาศัยการชี้นำจากครูค่อนข้างมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหลักฐานที่ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 เรื่อง ไบโอม ที่มีการกำหนดให้นักเรียนสืบค้นหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของไบโอมต่าง ๆ นักเรียนบางกลุ่มสามารถสืบค้นข้อมูลหลักฐานที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนในทุกประเด็นที่กำหนด แต่ยังต้องได้รับคำแนะนำจากครูเกี่ยวกับการเขียนหลักฐานที่ควรสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญเท่านั้น ไม่ควรเขียนทั้งหมดที่สืบค้นได้ ในขณะที่นักเรียนบางกลุ่มยังไม่สามารถสืบค้นหลักฐานตามประเด็นที่กำหนดได้ โดยไม่มั่นใจว่าต้องเริ่มสืบค้นอย่างไรเพื่อให้ได้ตามประเด็นที่กำหนด จึงต้องอาศัยการชี้นำจากครูเกี่ยวกับคำสำคัญที่ต้องใช้และเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้อง ดังภาพ 28 ซึ่งแสดงหลักฐานที่แต่ละกลุ่มสืบค้นได้ในจำนวนที่แตกต่างกันในช่วงระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 28 จำนวนหลักฐานที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถสืบค้นได้
เพื่อนำมาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

นักเรียนทั้งในกลุ่มที่มีความสามารถฯ ในระดับดี ปานกลาง และควรปรับปรุง ตั้งคำถามอยู่บ่อยครั้งว่า “เนื้อหาที่สืบค้นได้นั้นถูกต้องหรือไม่” เนื่องจากในขณะที่นักเรียนแต่ละคนค้นคว้าข้อมูลนั้น จะพบเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลไม่ตรงกัน จนทำให้เกิดความสับสน และนำไปสู่การเลือกข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“หลักฐานของเพื่อนในกลุ่มไม่ตรงกันค่ะ ต้องช่วยกันดูข้อมูลใหม่ หรือไม่ก็เปลี่ยนเว็บไซต์”

(นักเรียน A1)

“ข้อมูลในเว็บไซต์มันไม่ตรงกันค่ะ ครูน่าจะต้องบอกว่าอันไหนถูก”

(นักเรียน B4)

“ข้อมูลที่หนูหามันไม่ตรงกับเพื่อนค่ะ ต้องถามเพื่อนและปรึกษาครู”

(นักเรียน C2)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถฯ ในระดับปานกลางและควรปรับปรุง มีอุปสรรคในการค้นคว้าข้อมูลหลักฐาน โดยมีบางประเด็นคำถามที่หาข้อมูลไม่พบ ซึ่งต้องการความช่วยเหลือจากครูและเพื่อนภายในกลุ่ม อีกทั้งยังมีความต้องการให้ครูบอกแนวทางในการหาข้อมูลเพิ่มเติมด้วย ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“ไม่รู้หัวข้อไหนว่าเราควรจะไปหา อยากให้ครูบอกหัวข้อให้ชัดเจนค่ะ”

(นักเรียน B4)

“ในตอนนี้ หนูยังงงกับคำถาม และสิ่งที่หนูต้องค้นหาค่ะ แล้วก็ไม่รู้ว่าอันนี้ถูกไหม มันเป็นหลักฐานที่แน่นอนไหม”

(นักเรียน B5)

“บางอย่างหนูก็ยังหาไม่ได้ ไม่รู้ว่าต้องหายังไงที่จะได้ตรงกับที่จะค้นหาค่ะ”

(นักเรียน C1)

“หนูไม่รู้ว่าต้องหาหัวข้ออะไรถึงจะได้คำตอบค่ะ หาเจอบ้างไม่เจอบ้าง ต้องปรึกษาเพื่อนและถามครูเพิ่มค่ะ”

(นักเรียน C2)

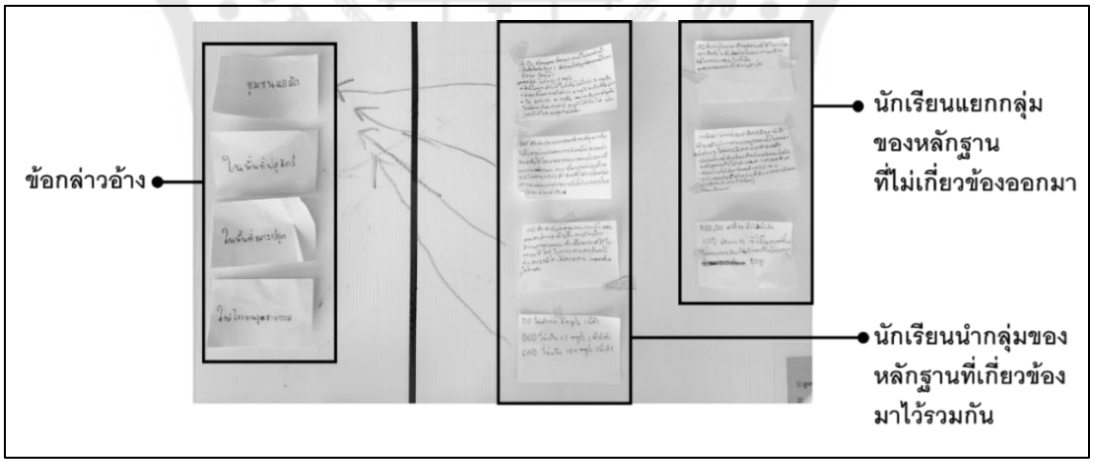
“อยากให้ครูวางแนวทางในการค้นหามากกว่านี้ครับ กำหนดหัวข้อเลยว่า ต้องหาเรื่องนี้ ต้องทำอย่างนี้ เพื่อให้ได้คำตอบแบบนี้ครับ”

(นักเรียน C5)

เมื่อผู้วิจัยใช้คำถามปลายเปิดเพื่อชี้นำในการค้นหาข้อมูล พบว่านักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลได้รวดเร็วและสะดวกมากยิ่งขึ้น ยกตัวอย่างในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 2 ที่ให้นักเรียนได้เปรียบเทียบลำดับของสิ่งมีชีวิตที่มาแทนที่ในระบบนิเวศแห่งหนึ่ง ซึ่งนักเรียนยังไม่สามารถค้นหาข้อมูลหลักฐานได้ เมื่อผู้วิจัยใช้คำถามชี้นำว่า “นักเรียนคิดว่า การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิแตกต่างกันอย่างไร” ทำให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงแทนที่ทั้ง 2 รูปแบบ จนพบลำดับการแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในการเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องได้ ในขณะเดียวกันภายหลังจากการสืบค้นข้อมูล ผู้วิจัยให้นักเรียนนำหลักฐานที่สืบค้นได้มาแลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม และพิจารณาความถูกต้องของหลักฐานร่วมกัน จนเหลือไว้เฉพาะข้อมูลหลักฐานที่ถูกต้องเท่านั้น เพื่อลดข้อจำกัดในการสืบค้นข้อมูลจากเว็บไซต์ที่ให้ข้อมูลไม่ถูกต้องได้

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการระบุหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง การใช้คำถามที่ชี้นำในการค้นคว้าข้อมูลหรือจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เปรียบเทียบข้อมูลที่สืบค้นได้กับเพื่อนในกลุ่ม นักเรียนสามารถระบุหลักฐานได้ดีขึ้น

4. **ขั้นเขียนแผนภาพ** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงกระบวนการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองของนักเรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งการพิจารณาเลือกข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง หลักฐานที่สนับสนุน และการให้เห็นผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง โดยในกระบวนการเขียนแผนภาพ นักเรียนบางกลุ่มมีการนำเสนอหลักฐานหลายชิ้น ทำให้มีการเขียนลูกศรแสดงความสัมพันธ์จำนวนมากจนก่อให้เกิดความสับสน แต่เมื่อพิจารณาแต่ละหลักฐาน พบว่า มีข้อความที่ซ้ำซ้อนหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และบางชิ้นไม่มีความเกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง จึงต้องมีการจัดกลุ่มของหลักฐานที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน และแยกหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องออกก่อนการเขียนเครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดการเรียนรู้ในครั้ง 5 เรื่อง มลพิษทางน้ำ นักเรียนต้องหาหลักฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำต่าง ๆ เพื่อมาตอบประเด็นคำถามที่ว่า “แหล่งน้ำใดเป็นแหล่งน้ำเน่าเสีย” สิ่งที่นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสืบค้นได้นั้นมีหลากหลาย ทั้งความหมายและค่ามาตรฐานของ DO BOD และ COD และวิธีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ ซึ่งหลักฐานที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบ คือ ความหมายของ DO BOD และ COD และค่ามาตรฐานของ DO BOD และ COD ส่วนกลุ่มของหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบ คือ วิธีการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ ซึ่งนักเรียนต้องแยกส่วนนี้ออกก่อนเขียนแผนภาพ เพื่อป้องกันความสับสนที่เกิดขึ้น ดังภาพ 29



ภาพประกอบ 29 การจัดกลุ่มของหลักฐานที่มีความใกล้เคียงกันและแยกหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องออกก่อนการเขียนเครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

ในการเขียนเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพ นักเรียนใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากในการคิดหาเหตุผล เมื่อสนทนากับนักเรียนเพิ่มเติมทำให้ทราบว่า นักเรียนไม่แน่ใจว่าต้องเริ่มต้นประโยค

การให้เหตุผลอย่างไร ทำให้ไม่สามารถเขียนออกมาได้ ผู้วิจัยจึงอธิบายแนวทางการเขียนเหตุผลโดยให้พิจารณาจากประเด็นคำถามและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนกำหนดไว้ และอาจเขียนเหตุผลโดยการอธิบายถึงข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบนั้น โดยหากนักเรียนว่าตอบว่า “A” นักเรียนอาจให้เหตุผลว่า “เพราะ A เป็นอย่างไร” และพิจารณาว่าเหตุผลที่เขียนขึ้นนั้นสอดคล้องกับประเด็นคำถามที่กำหนดและหลักฐานที่สนับสนุนหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 7 เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่มีประเด็นคำถามว่า “การลดการเลี้ยงสัตว์ชนิดใด ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลกได้มากกว่ากัน ระหว่าง วัว หมู หรือ ไก่” นักเรียนมีคำตอบว่า “วัว” และให้เหตุผลว่า “เพราะ วัวมีการปล่อยแก๊สมีเทนมากที่สุดในแต่ละภูมิภาคทั่วโลก” ดังภาพ 30

ภาพประกอบ 30 ตัวอย่างการเขียนเหตุผลของนักเรียนคนหนึ่งในกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งที่ 7

นักเรียนทั้งในกลุ่มที่มีความสามารถดังกล่าวในระดับดี และปานกลาง มีมุมองว่ากิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ ช่วยส่งเสริมองค์ประกอบการให้เหตุผล โดยช่วยให้ได้หลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่มีความถูกต้องและชัดเจน ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“ขั้นตอนนี้ช่วยให้เราได้เหตุผล เวลาโยงเส้นก็ทำให้เราได้เห็นหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องค่ะ”

(นักเรียน A5)

“ทำให้สามารถระบุเหตุผลได้ค่ะ เพราะ คำตอบที่เราไปหามามันถูกต้อง แล้วก็รู้ว่าเหตุผลคือเพราะอะไร ก็ทำให้เราสรุปได้ดีขึ้นค่ะ”

(นักเรียน B1)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถฯ ในระดับปานกลางและควรปรับปรุง มีการแสดงออกถึงความสับสนในข้อมูลที่นักเรียนนำมาใช้ ไม่มั่นใจในความถูกต้องมของข้อมูล ส่งผลให้เกิดความสับสนในการเขียนแผนภาพและการให้เหตุผล โดยมักตั้งคำถามอยู่บ่อยครั้งว่าข้อมูลนั้นถูกต้องหรือไม่ แม้ว่าครูจะมีการอธิบายแนวทางการค้นคว้าการจัดกลุ่มข้อมูลก่อนการเขียนแผนภาพ หรือแนวทางการเขียนเหตุผลแล้วก็ตาม แต่นักเรียนยังคงต้องการคำอธิบายและความช่วยเหลือจากครูและเพื่อนภายในกลุ่มเพิ่มเติม ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“หนูงงข้อมูลที่มี ยากตรงที่เรายังมีความรู้ไม่พอในเรื่องนั้น ต้องอ่านและสรุปหัวข้อในเรื่องนั้น ๆ ให้ได้ใจความมากขึ้น เพื่อให้รู้ว่าหลักฐานนั้นสื่อถึงอะไร จะได้เหตุผลมากขึ้นค่ะ”

(นักเรียน B2)

“หนูโยงเส้นผิด แล้วก็สับสนตอนโยงค่ะ ข้อมูลที่หามาก็เปลี่ยน ต้องหาข้อมูลเพิ่มใหม่แล้วก็เขียนเหตุผลไม่ได้”

(นักเรียน C3)

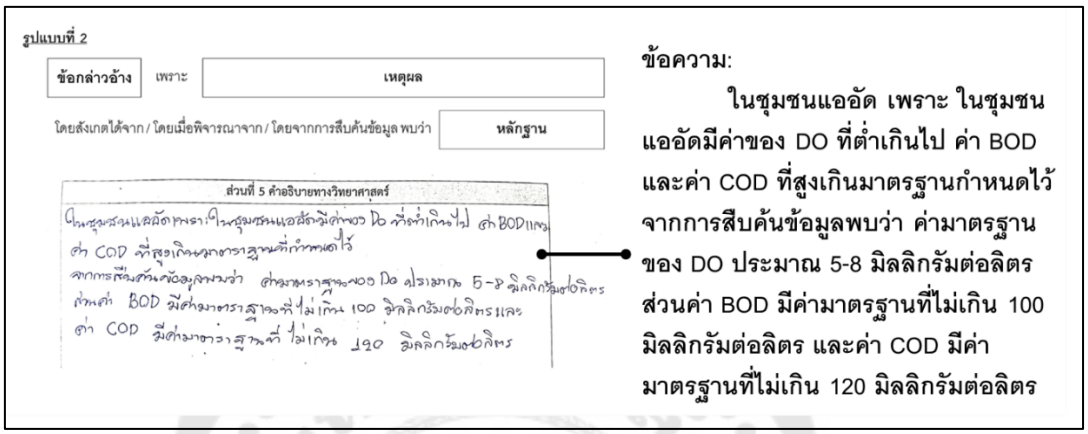
“อยากให้แสดงตัวอย่างหรือบอกแนวทางในการเขียนเหตุผล ว่าในการให้เหตุผลต้องมีส่วนประกอบอย่างไรบ้างค่ะ”

(นักเรียน C2)

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในการระบุเหตุผล นักเรียนที่สามารถพูดสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายความสัมพันธ์ของหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นได้ และได้รับคำแนะนำจากครูในการเขียนเหตุผล นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีนั้น

5. **ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ โดยเมื่อผู้วิจัยแสดงตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น นักเรียนได้เห็นแนวทางและสามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้เป็นอย่างดีและครบทุกองค์ประกอบ ยกตัวอย่างเช่น คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มหนึ่งในประเด็นเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำ ที่มีการกำหนดค่า DO BOD และ COD ของแหล่งน้ำในบริเวณต่าง ๆ แล้วถามว่าแหล่งน้ำใดเป็นแหล่งน้ำเสีย ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้เขียนว่า “แหล่งน้ำในชุมชนแออัด (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะ ในชุมชนแออัดมีค่าของ DO ที่ต่ำเกินไป ค่า BOD และ COD ที่สูงเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ (การให้เหตุผล) จากการสืบค้นข้อมูล พบว่า

ค่ามาตรฐานของ DO ประมาณ 5 – 8 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนค่า BOD มีค่ามาตรฐานไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า COD มีค่ามาตรฐานที่ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร (หลักฐาน)" ดังภาพ 31



ภาพประกอบ 31 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มหนึ่ง ตามตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ในช่วงของการอภิปรายและเปลี่ยนเรียนรู้ในประเด็นคำถามที่ครูกำหนด เพื่อสรุปองค์ความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรม นักเรียนบางกลุ่มแสดงความคิดเห็นหรือตอบคำถามได้ทั้งหมด ในขณะที่บางกลุ่มตอบได้เพียงไม่กี่คำถามเท่านั้น เมื่อทำการสนทนากับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า สิ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้มากน้อยแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับข้อมูลหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้ในขั้นตอนก่อนหน้า นักเรียนกลุ่มที่สามารถตอบคำถามได้เป็นจำนวนมาก เกิดจากการที่นักเรียนศึกษาข้อมูลและสืบค้นหลักฐานครอบคลุมทุกประเด็นที่ครูกำหนดให้ และสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ในขณะที่นักเรียนกลุ่มที่สามารถตอบคำถามได้จำนวนน้อย มุ่งหาข้อมูลหลักฐานเฉพาะส่วนที่ใช้ในการตอบประเด็นคำถามเท่านั้น เมื่อมีการสรุปองค์ความรู้จึงไม่สามารถตอบได้ทุกประเด็น

กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้นในทุกองค์ประกอบ ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“ช่วยพัฒนาการให้เหตุผล ข้อกล่าวอ้าง และหลักฐาน ก็ทุก ๆ อันค่ะ”

(นักเรียน A3)

“ช่วยให้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นค่ะ เพราะเราได้สรุปไว้อยู่แล้วในกระดาษ แล้วเอาแต่ละส่วนมาเขียนเรียงกันได้เลย”

(นักเรียน B3)

“ช่วยพัฒนาทุกองค์ประกอบค่ะ”

(นักเรียน C3)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถฯ ระดับดี ปานกลาง และควรปรับปรุง พบอุปสรรคในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเกิดความสับสนในการเรียบเรียงประโยค และไม่รู้วิธีการเริ่มต้นการเขียนประโยค แต่เมื่อพิจารณาตามตัวอย่างแนวทางการเขียนที่ครูกำหนด จะช่วยให้สามารถเรียบเรียงและเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“หนูเรียบเรียงคำไม่ถูกค่ะ ก็ต้องถามเพื่อน ๆ แล้วช่วยกันในกลุ่ม”

(นักเรียน C1)

“ไม่รู้จะเริ่มต้นเขียนว่าอย่างไร อยากให้ครูเริ่มต้นให้ครับ”

(นักเรียน C5)

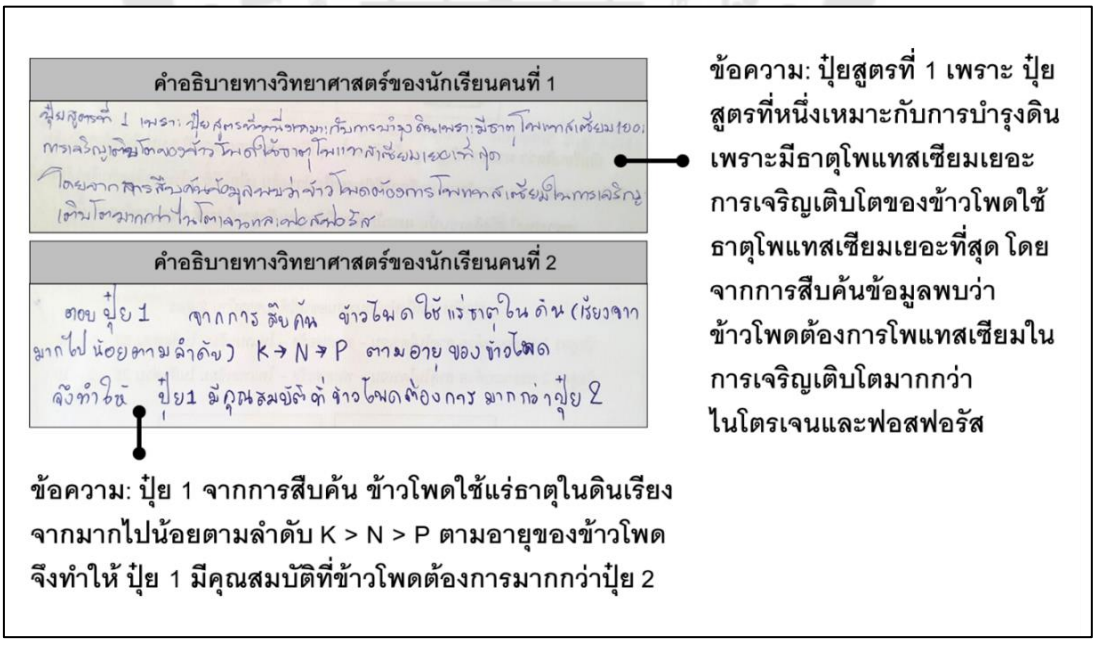
“ปัญหาการเรียบเรียงคำตอนเขียน ซึ่งแผนภาพตัวอย่างก็ช่วยในการเขียน ซึ่งหนูดูจากตรงนั้นเป็นหลักค่ะ”

(นักเรียน A1)

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวม นักเรียนที่รู้แนวทางหรือวิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ออกมาได้ดีกว่าการที่นักเรียนไม่รู้ว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นมีวิธีการเขียนอย่างไร

6. **ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่** นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ที่สะท้อนถึงความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ของตนเอง และเป็นสิ่งที่ใช้ในการวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย

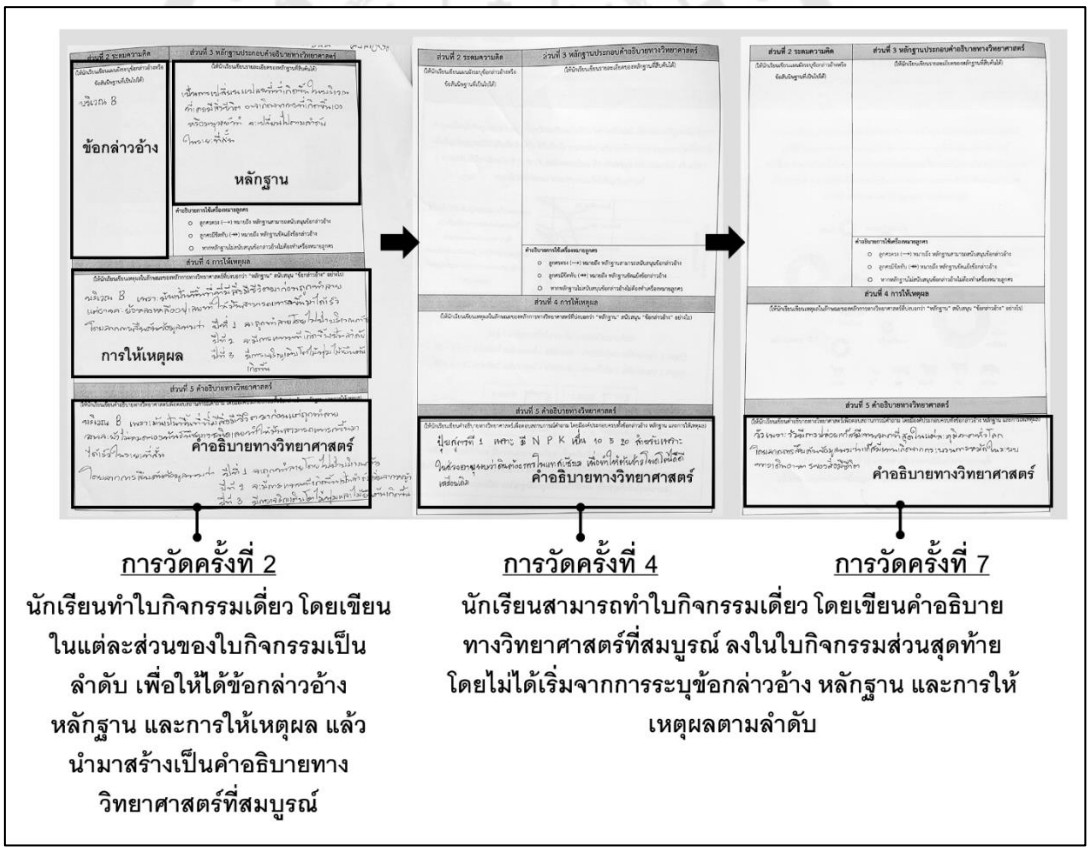
โดยในช่วงของการวัดความสามารถฯ ครั้งที่ 1 และ 2 นักเรียนส่วนมากมีการระบุองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่ครบถ้วน โดยมักจะขาดในส่วนของหลักฐานและการให้เหตุผล แต่เมื่อเข้าสู่การวัดความสามารถฯ ในครั้งที่ 3 เป็นต้นไป นักเรียนเริ่มเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกองค์ประกอบมากขึ้น แม้จะมีการให้รายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบมากน้อยแตกต่างกัน แต่ยังสะท้อนความสมบูรณ์ของการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างการเขียนของนักเรียน 2 คน ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 4 ที่มีประเด็นคำถามเกี่ยวกับการเลือกใช้ปุ๋ยบำรุงดินที่ปลูกข้าวโพดเป็นเวลานาน แล้วตั้งคำถามว่า “ปุ๋ยสูตรใดเหมาะสมต่อการบำรุงดินมากกว่า” นักเรียนคนที่ 1 เขียนว่า “ปุ๋ยสูตรที่ 1 (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะ ปุ๋ยสูตรที่หนึ่งเหมาะกับการบำรุงดินเพราะมีธาตุโพแทสเซียมเยอะ การเจริญเติบโตของข้าวโพดใช้ธาตุโพแทสเซียมเยอะที่สุด (การให้เหตุผล) โดยจากการสืบค้นข้อมูล พบว่าข้าวโพดต้องการโพแทสเซียมในการเจริญเติบโตมากกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (หลักฐาน)” ส่วนนักเรียนคนที่ 2 เขียนว่า “ปุ๋ยสูตรที่ 1 (ข้อกล่าวอ้าง) จากการสืบค้นข้อมูล ข้าวโพดใช้แร่ธาตุในดินเรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ คือ K > N > P ตามอายุของข้าวโพด (หลักฐาน) จึงทำให้ปุ๋ยสูตรที่ 1 มีคุณสมบัติที่ข้าวโพดต้องการมากกว่าปุ๋ยสูตรที่ 2 (การให้เหตุผล)” ดังภาพ 32



ภาพประกอบ 32 ตัวอย่างการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2 คน ที่มีองค์ประกอบครบทั้งข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

จากภาพประกอบ 32 สังเกตได้ว่า แม้สิ่งที่นักเรียนทั้ง 2 คนเขียนออกมาในภาพรวมมีความสมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบอาจมีความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น ทั้งนี้ต้องได้รับการประเมินโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนที่พัฒนาขึ้นต่อไป

นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 1 และ 2 นักเรียนส่วนใหญ่เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางที่กำหนดให้ในใบกิจกรรม โดยเริ่มจากการระบุข้อกล่าวอ้าง ค้นหาหลักฐาน เขียนแผนภาพ และระบุเหตุผล ก่อนที่จะนำองค์ประกอบต่าง ๆ มาเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ เมื่อเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในครั้ง 3 และ 4 เริ่มมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่ใช้วิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวทางที่กำหนดให้ แต่เริ่มเขียนเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในทันที และเมื่อเข้าสู่การจัดการเรียนรู้ในครั้ง 5 6 และ 7 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้โดยไม่ต้องเขียนแผนภาพ แต่สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบได้ ดังภาพ 33



ภาพประกอบ 33 เปรียบเทียบวิธีการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนคนหนึ่งลงในใบกิจกรรมครั้งที่ 2 4 และ 7

จากการสัมภาษณ์ความ คิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เป็นขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในทุกองค์ประกอบ โดยนักเรียนในทุกระดับความสามารถมีความคิดเห็นและพบอุปสรรคไปในแนวทางเดียวกัน คือ เป็นขั้นตอนที่นักเรียนให้ความรู้สึกว่ามีความยากกว่าขั้นตอนอื่น ๆ เนื่องจากนักเรียนจะต้องเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพียงคนเดียว โดยไม่มีการค้นหาหลักฐานหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนร่วมชั้น ทำให้เกิดความไม่มั่นใจในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ใช้ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลมาก และไม่มั่นใจในความถูกต้องของข้อมูล

“ยากครับ เพราะต้องทำคนเดียว ตอนทำกลุ่มยังได้ช่วยกันคิด”

(นักเรียน A2)

“ไม่รู้ต้องทำอะไรหรือเริ่มจากอะไรก่อน เพราะตอนเราทำงานกลุ่ม เราสามารถถามเพื่อน คุยกับเพื่อนได้ว่ามันต้องทำอย่างไร แต่พอทำคนเดียวรู้สึกว่า อันนี้ต้องทำอย่างไร หาข้อมูลอย่างไร และต้องให้เหตุผลอย่างไร”

(นักเรียน B1)

“ยาก เพราะ ต้องคอยค้นหาเอง สรุปเอง ไม่ได้แชร์ข้อมูลกับเพื่อน”

(นักเรียน B4)

“ไม่ชอบขั้นตอนนี้ เพราะ ยาก ต้องทำคนเดียว แล้วก็งง”

(นักเรียน C3)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถฯ ในระดับดี มีมุมมองว่าการอภิปรายและสรุปองค์ความรู้ในขั้นตอนก่อนหน้า ทำให้ได้องค์ความรู้มาเขียนเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้ได้ และมีความต้องการให้ครูกำหนดแหล่งสืบค้นที่มีการสรุปองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือไว้ให้ด้วย ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“สามารถเอาความรู้ในตอนสืบค้น และตอนสรุปข้อมูลมาเชื่อมโยงได้”

(นักเรียน A2)

“อยากให้ครูหาเว็บที่มีการสรุปให้ และน่าเชื่อถือ”

(นักเรียน A3)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถในระดับปานกลาง ใช้ระยะเวลาที่มากในการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติม เกิดความสับสนในการค้นหาข้อมูล อีกทั้งยังมีความต้องการให้ครูบอกแนวทางในการหาคำตอบเพิ่มเติมด้วย ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“หาข้อมูลยาก ... หนูต้องอ่านรายละเอียดในใบความรู้ที่ครูให้ว่าตรงไหนเป็นคำตอบหรือเป็นความรู้ที่เอามาสรุปได้”

(นักเรียน B3)

“หาข้อมูลไม่ค่อยเจอค่ะ อยากให้ครูบอกแนวทางในการหาคำตอบ”

(นักเรียน B4)

นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับควรปรับปรุง มีความไม่เข้าใจในประเด็นคำถาม เกิดความสับสนในการค้นหาข้อมูล อีกทั้งมีความต้องการให้ครูกำหนดแหล่งสืบค้นข้อมูล และอยากได้ความช่วยเหลือจากเพื่อนเพิ่มเติมด้วย ดังตัวอย่างคำสัมภาษณ์ของนักเรียนดังนี้

“หนูงงบ้างกับคำถามค่ะ หาข้อมูลไม่เจอ ไม่เข้าใจว่าต้องหาข้อมูลอะไร ก็เลยต้องถามเพื่อน อยากได้คำถามที่เข้าใจง่ายค่ะ”

(นักเรียน C1)

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมเช่นเดียวกับขั้นตอนก่อนหน้า แต่แตกต่างตรงที่นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายเป็นรายบุคคล การที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์รายบุคคลออกมาได้ดีนั้น จำเป็นต้องมีความเข้าใจในประเด็นที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยสามารถพิจารณาได้จากการตอบคำถามของนักเรียนเพื่อลงข้อสรุปในสิ่งที่เรียน นักเรียนต้องสามารถอ่านและทำความเข้าใจกับประเด็นคำถามที่กำหนดให้ได้ ที่สำคัญนักเรียนต้องได้รับการฝึกฝนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จนมีความชำนาญ และสามารถเขียนได้อย่างสมบูรณ์โดยระบุครบทุกองค์ประกอบ

ส่วนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

จากการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 36 คน ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นแบบวัดปรนัย จำนวน 31 ข้อ คิดเป็นคะแนนเต็ม 31 คะแนน พบว่า ก่อนเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุด 54.00 คะแนน ต่ำสุด 41.00 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 12.56 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.42 คะแนน และหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้คะแนนสูงสุด 54.00 คะแนน ต่ำสุด 41.00 คะแนน คะแนนเฉลี่ย 12.56 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.42 คะแนน ดังตาราง 19

ตาราง 19 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	$\bar{x}$	$S.D.$
ก่อนเรียน	36	31.00	23.00	5.00	9.61	3.94
หลังเรียน	36	31.00	27.00	14.00	18.27	3.05

จากตาราง 19 สังเกตได้ว่า หลังจากที่นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

เมื่อพิจารณาการแจกแจงของคะแนนหลังเรียนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยพิจารณาผลจากการทดสอบ Shapiro-Wilk Test พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีการแจกแจงปกติ ($p = .093$) ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60 ตามที่สถานศึกษากำหนด พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ($t = -.634$, $p = .265$) ดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 60

การทดสอบ	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	เกณฑ์ร้อยละ	$\bar{x}$	$S.D.$	t	p
หลังเรียน	36	31.00	60	18.27	3.05	-.634	.265

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 20 สังเกตได้ว่า แม้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน แต่เมื่อพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนดแล้ว คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยที่ได้แสดงไว้ข้างต้น สามารถสังเกตได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนทั้งในภาพรวมและแยกองค์ประกอบ จนนักเรียนมีความสามารถนี้และความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ที่ดีขึ้น ในขณะเดียวกันยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นด้วย

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในรูปแบบของการวิจัยและพัฒนา โดยผลการวิจัยสามารถสรุป อภิปราย และให้ข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุปผลการวิจัยได้ใน 4 ประเด็น ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีชื่อว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพ (Diagram-based scientific explanation learning model หรือ DSE learning model) ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการพัฒนาให้สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าว และมีการใช้เทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาผสมผสานเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม 2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง 3) ขั้นค้นหาหลักฐาน 4) ขั้นเขียนแผนภาพ 5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และ 6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ในแต่ละขั้นตอนผ่านการประเมินหลักฐานความตรงและความเหมาะสมต่อการนำไปใช้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าว อีกทั้งยังผ่านการปรับปรุงแก้ไข การทดลองใช้ และการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน จนได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่สมบูรณ์ สามารถนำไปใช้ในการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนได้

2. นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งในภาพรวมและทุกองค์ประกอบ โดยข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่นักเรียนทำคะแนนออกมาได้ดีที่สุด ลำดับถัดมา คือ องค์ประกอบหลักฐาน ส่วนองค์ประกอบที่นักเรียนทำคะแนนออกมาได้น้อยที่สุด คือ การให้เหตุผล แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนสามารถระบุเหตุผลได้อย่างสมบูรณ์และมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในภาพรวมและในทุกองค์ประกอบสูงขึ้นในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้

4 นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งการตอบคำถาม การแสดงความคิดเห็น การสืบค้นข้อมูล การเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง หลักฐานที่สนับสนุน และการให้เหตุผลที่มีความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ตลอดจนการเขียนเรียบเรียงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ พฤติกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ปรากฏขึ้นในการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน และส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวสูงขึ้น

5. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ส่งเสริมให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม มีการนำเสนอข้อมูลหลักฐาน อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในหลายขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาจนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนจำเป็นต้องได้รับการเน้นย้ำให้มีการสืบค้นข้อมูลที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ และเน้นการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในภาพรวมให้มากยิ่งขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประเด็นในการอภิปรายผลใน 5 ประเด็น ดังนี้

1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีความแตกต่างจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา โดยมีขั้นตอนการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาในทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และมีเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่นำมาใช้เพื่อลดข้อจำกัดของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม โดยช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ในขณะเดียวกันยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ จนค้นพบองค์ความรู้หรือกระบวนการที่นำไปสู่การแก้ปัญหาหรือหาคำตอบที่ถูกต้องด้วยตนเอง (Steffe & Gale, 1995, p. 14; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557b) อีกทั้งยังมีการพัฒนาให้สอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนที่ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขึ้น 4 ประการ ดังนี้

ประการที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้ประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ และแสดงความเข้าใจเบื้องต้นต่อประเด็นที่ศึกษาออกมา โดยสะท้อนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 การเปิดประเด็นคำถาม และขั้นที่ 2 การระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง ซึ่งนักเรียนได้ร่วมกันแสดงความคิดเห็นหรือแสดงความเข้าใจเบื้องต้นในสถานการณ์ที่นำมาใช้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนในหัวข้อที่ศึกษา พร้อมร่วมกันระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้เกี่ยวกับประเด็นคำถามที่นำมาใช้ การที่นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างหรือแสดงความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นต่อประเด็นคำถามนั้น ช่วยให้ครูได้สำรวจองค์ความรู้เดิมของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนได้ประเมินความรู้ความเข้าใจของตนเองในเบื้องต้น เมื่อได้เรียนรู้ในขั้นตอนต่อไป นักเรียนได้สะท้อนว่าตนเองมีความเข้าใจที่คาดเคลื่อนในประเด็นที่ศึกษาหรือไม่ แล้วนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องของตนเอง (Carillo et al., 2005, p. 61; จงกล บุญรอด และอลิศรา ชูชาติ, 2558, น. 241)

ประการที่ 2 สำรวจตรวจสอบ ทำการทดลอง ค้นคว้าข้อมูล ทฤษฎี หรือข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น โดยสะท้อนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 การค้นหาหลักฐาน ซึ่งนักเรียนได้ร่วมกันสำรวจตรวจสอบและสืบค้นองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อสันนิษฐานต่าง ๆ ที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนนี้นักเรียนได้อภิปราย แสดงความคิดเห็น พิจารณาเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ มีการคิดวิเคราะห์ ไตร่ตรอง และประเมินความถูกต้องของข้อมูลร่วมกัน ก่อนตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง กระบวนการเหล่านี้นอกจากส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุหลักฐานที่ถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังช่วยให้เกิดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หนึ่งในทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อีกด้วย (Halpern, 2014, p. 8; Holmes et al., 2015, p. 11199) ในขณะเดียวกัน การที่นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบหรือค้นคว้าข้อมูล ทำให้นักเรียนได้ค้นพบหลักฐานที่เหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และหากนักเรียนพบหลักฐานใหม่ที่ถูกต้องและมีความเหมาะสมมากกว่า นักเรียนสามารถนำหลักฐานนั้นไปพัฒนาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของตนเองให้ดีและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นได้ (กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์พรหมรัตน์, 2559, น. 3; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 222)

ประการที่ 3 นักเรียนได้นำหลักฐานที่รวบรวมได้มาสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นปัญหาที่กำหนดให้ โดยสะท้อนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 การสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนนำข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ที่นักเรียนรวบรวมได้ใน

ขั้นตอนก่อนหน้า มาเขียนเรียบเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ตามประเด็นคำถามที่กำหนด โดย McNeill and Krajcik (2007); Yang and Wang (2014); กรกนก เลิศเดชาภัทร (2559); สุทธิชาติ เปรมกมล (2558) กล่าวว่า คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์นั้นต้องประกอบด้วยข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นคำตอบหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ของประเด็นคำถาม ซึ่งนักเรียนได้องค์ประกอบนี้จากขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐานเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบหรือสืบค้นเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งนักเรียนได้องค์ประกอบนี้จากขั้นค้นหาหลักฐาน และส่วนสุดท้ายคือ การให้เหตุผล เป็นสิ่งที่แสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน โดยอธิบายอย่างมีหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่า หลักฐานแต่ละชิ้นที่นักเรียนนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างไร ซึ่งนักเรียนได้องค์ประกอบนี้จากขั้นเขียนแผนภาพ ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลได้ดียิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนรวบรวมองค์ประกอบต่าง ๆ จากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนก่อนหน้าครบถ้วนแล้ว จึงสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์และถูกต้องได้

ประการที่ 4 ลงข้อสรุปหรือสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษา และเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้ไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงเดิม โดยสะท้อนในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 6 การสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนได้เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น โดยอาศัยองค์ความรู้จากกิจกรรมในขั้นตอนก่อนหน้า การให้นักเรียนได้นำองค์ความรู้ที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ถือเป็นหนึ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่สามารถตรวจสอบความรู้ความสามารถสามารถของนักเรียนที่ได้จากการเรียนได้ (Nawani et al., 2019, p. 9) ซึ่งผู้วิจัยได้นำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนเขียนขึ้นในขั้นตอนนี้ มาใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินความสามารถดังกล่าวของนักเรียนรายบุคคล ทั้งนี้ การที่นักเรียนได้ฝึกเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองจากองค์ความรู้ที่มีนั้น นอกจากช่วยสะท้อนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในประเด็นที่ศึกษา ยังช่วยสะท้อนความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานผ่านการให้เหตุผล จนทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างและสื่อสารคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ดียิ่งขึ้น (สันติชัย อนุวรชัย, 2557, น. 12; สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี และคณะ, 2561, น. 230)

จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยสังเคราะห์ขึ้นทั้ง 4 ประการ สังเกตได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างและรวบรวมหลักฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

มาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของประเด็นคำถามนั้น ๆ แต่สิ่งที่นักวิจัยและนักการศึกษามองว่าเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน คือ การที่นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลได้หรือสามารถระบุได้แต่ไม่ถูกต้อง (Oktavianti et al., 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105) ผู้วิจัยจึงนำเทคนิคการเขียนแผนภาพการเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาใช้ เพื่อให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น โดยนำมาพัฒนาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 การเขียนแผนภาพ ซึ่งนักเรียนได้ร่วมกันเขียนเครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้ในขั้นที่ 3 การค้นหาหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่นักเรียนสร้างขึ้นในขั้นที่ 2 การระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง พร้อมทั้งเขียนเหตุผลที่แสดงให้เห็นว่า หลักฐานที่นักเรียนเลือกนั้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นอย่างไร การให้นักเรียนเขียนแผนภาพนั้นช่วยให้นักเรียนได้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างใดเป็นข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง หลักฐานชิ้นใดเป็นหลักฐานที่เหมาะสมต่อการนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และเหตุผลใดเป็นเหตุผลที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การนำเทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาใช้ ช่วยให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของหลักฐานที่ใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลที่เหมาะสมประกอบการใช้เครื่องหมายลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น จนเกิดเป็นการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่ดีขึ้น (Lombardi et al., 2013, p. 51; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 68) ในขณะเดียวกัน ผู้วิจัยได้พัฒนาตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยการนำองค์ประกอบต่าง ๆ มาจัดตำแหน่งลงในข้อความให้เหมาะสม และใช้คำหรือประโยคมาเชื่อมองค์ประกอบเหล่านั้นเข้าด้วยกัน ซึ่งตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนั้น ช่วยให้นักเรียนสามารถเขียนเรียบเรียงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้สะดวกมากยิ่งขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ ฯ ที่พัฒนาขึ้นนั้น มีความเป็นนวัตกรรมที่แตกต่างจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักวิจัยและนักการศึกษานำมาใช้ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น ทั้งในภาพรวมและในองค์ประกอบย่อยของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ยังเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและเหมาะสมต่อการนำไปใช้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน เนื่องจาก

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ได้ผ่านการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้กับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นความสอดคล้องกับลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ความสอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน ตลอดจนการมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตรศึกษาและการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าว จำนวน 3 ท่าน โดยมีผลประเมินผ่านเกณฑ์ทุกหัวข้อการประเมิน สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นลักษณะหรือโครงสร้างที่เป็นไปตามกรอบแนวคิดหรือทฤษฎีที่สอดคล้องกับพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นหลักฐานหนึ่งของความเที่ยงตรงด้านโครงสร้างภายใน (Validity evidence based on internal structure) (American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education, 2014, p. 16) อีกทั้งยังผ่านขั้นตอนการทดลองใช้และการปรับปรุงแก้ไขตามกระบวนการของการวิจัยและพัฒนา (Research and development) จำนวน 3 วงรอบ โดยวงรอบที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R1) และการออกแบบและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D1) วงรอบที่ 2 เป็นการทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (R2) และปรับปรุงรูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D2) และวงรอบที่ 3 เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ไปใช้จริง (R3) และประเมินผลการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ (D3) จนได้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่สมบูรณ์และเหมาะสมต่อการนำไปใช้ส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้

ทั้งนี้ ผู้วิจัยให้ชื่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานการใช้แผนภาพ (DSE learning model) ประกอบด้วย การจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม (Introducing the question) 2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง (Brainstorming to identify a claim) 3) ขั้นค้นหาหลักฐาน (Finding evidence) 4) ขั้นเขียนแผนภาพ (Drawing a diagram) 5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Constructing a scientific explanation) และ 6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ (Constructing explanations for new situation)

2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น โดยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและในแต่ละองค์ประกอบย่อยหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถ

ดังกล่าวในแต่ละองค์ประกอบ และเรียบเรียงทุกองค์ประกอบเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ผ่านการทำกิจกรรมในขั้นตอนต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้จากประเด็นคำถามที่กำหนด ขั้นค้นหาหลักฐาน ที่นักเรียนได้ร่วมกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือจนได้หลักฐานที่เพียงพอและเหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และขั้นเขียนแผนภาพที่นักเรียนได้ร่วมกันเขียนแผนภาพโดยใช้เครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่เหมาะสมกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นพร้อมเขียนเหตุผลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างนั้น จนทำให้นักเรียนได้องค์ประกอบของข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง หลักฐานที่เหมาะสม และการให้เหตุผลที่แสดงถึงความเชื่อมโยงของหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง เมื่อนำในแต่ละองค์ประกอบมาเขียนเรียบเรียงกันในขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จึงทำให้ได้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและมีความสมบูรณ์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบ พบว่า องค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ข้อกล่าวอ้าง เนื่องจากข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นคำตอบของประเด็นคำถามที่กำหนดให้ และนักเรียนสามารถระบุได้ง่ายที่สุด (McNeill & Krajcik, 2007, p. 3; กรกนก เลิศเดชาภัทร, 2559, น. 81; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 12; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 114) นักเรียนอาจใช้ความรู้เดิมหรือความรู้จากการสรุปข้อมูลที่กำหนดให้มาใช้ในการตอบคำถาม นักเรียนจึงทำคะแนนได้ระดับดีและสูงกว่าองค์ประกอบอื่น (Oktavianti et al., 2018, p. 184; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; จงกล บุญรอด, 2557, น. 105; ฉลองวุฒิ จันทร์หอม และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563, น. 652) ส่วนหลักฐาน เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยเป็นลำดับที่สอง ถัดจากองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง นักเรียนต้องวิเคราะห์จากข้อมูลในสถานการณ์คำถามที่กำหนดให้ในแบบวัดความสามารถดังกล่าว เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นอย่างเพียงพอและเหมาะสม (McNeill, 2012, p. 22; Meacham, 2017) หากนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่กำหนดให้ได้หรือขาดความเข้าใจว่าข้อมูลที่กำหนดให้ส่วนใดสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงหลักฐานประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง (ฉลองวุฒิ จันทร์หอม และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563, น. 652)

การให้เหตุผล เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เนื่องจากการให้เหตุผลนั้นเป็นสิ่งที่ยากที่สุดในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นกับหลักฐานที่นำมาสนับสนุนโดยอาศัยหลักการ

ทางวิทยาศาสตร์ (McNeill, 2012, p. 22; Meacham, 2017) หากนักเรียนขาดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถาม หรือไม่สามารถสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์จากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถให้เหตุผลได้ หรืออาจให้เหตุผลได้แต่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง สอดคล้องกับผลการวิจัยของนักวิจัยและนักการศึกษาหลายท่านที่พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนองค์ประกอบหลักฐานและการให้เหตุผลน้อย โดยเฉพาะองค์ประกอบของการให้เหตุผลซึ่งมีคะแนนน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ (Oktavianti et al., 2018, p. 184; Traut, 2017, p. 5; กฤตกร สภาสันติกุล, 2559, น. 223; ฉลองวุฒิ จันทร์หอม และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563, น. 653; พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2564, น. 114) หากนักเรียนขาดความเข้าใจในเนื้อหา ขาดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวในระดับที่ไม่สูงมาก และสามารถระบุหลักฐานและการให้เหตุผลได้ไม่ดีเท่าที่ควร (ฉลองวุฒิ จันทร์หอม และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2563, น. 653; พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช, 2560, น. 12) แต่อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการให้เหตุผลระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แล้วนั้น นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ดีขึ้นและมีการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมากขึ้นกว่าก่อนเรียน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทิศทางที่ดีขึ้นนี้ เกิดจากการที่นักเรียนได้รับการฝึกฝนการให้เหตุผลผ่านการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองเข้ามาใช้ ที่ช่วยให้นักเรียนได้รู้แนวทางในการเขียนเหตุผล โดยต้องพิจารณาถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องกับหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น เป็นสิ่งที่ช่วยฝึกฝนให้นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลออกมาได้ดี และส่งผลต่อให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น (Lombardi et al., 2013, p. 51; พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์ และร่มเกล้า จันทราษี, 2562, น. 68)

จากที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีผลต่อการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน ซึ่งมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนได้เข้าใจถึงวิธีการได้มาซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิธีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ที่ครบทุกองค์ประกอบ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและองค์ประกอบย่อยที่สูงขึ้น

3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมสูงขึ้นในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ในทุกองค์ประกอบที่สูงขึ้นเช่นกัน เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนต่าง ๆ ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถดังกล่าวทั้งในภาพรวมและแยกองค์ประกอบ (ดังอภิปรายไว้ในประเด็นที่ 1 ผลการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ และประเด็นที่ 2 ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อการส่งเสริมความสามารถดังกล่าวของนักเรียน) ในขณะเดียวกัน นักเรียนมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อย่างหลากหลายในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ที่สะท้อนวิธีการได้มาซึ่งข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง หลักฐานที่เหมาะสม และการให้เหตุผลที่มีการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ตลอดจนกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดีและสมบูรณ์ โดยในแต่ละขั้นตอนมีกิจกรรมที่ช่วยให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ และได้แสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ดี ดังนี้

ในขั้นเปิดประเด็นคำถาม นักเรียนที่มีองค์ความรู้เกี่ยวกับประเด็นที่นำเสนอหรือหัวข้อที่กำลังเรียนรู้ มีการแสดงพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม โดยมีการแสดงความคิดเห็นมากกว่านักเรียนที่ไม่มีองค์ความรู้มาก่อน โดยเฉพาะประเด็นที่นักเรียนเคยพบเห็น เคยรู้ หรือมีความใกล้ตัวกับนักเรียน เนื่องจากการนำเรื่องราวที่มีความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียนมาใช้ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในบริบทและเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการที่ครูมีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความรู้และความเข้าใจของนักเรียน เป็นสิ่งที่ช่วยสะท้อนแนวคิดหรือองค์ความรู้ของนักเรียนในเรื่องนั้น ๆ ออกมาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562, น. 138; ราตรี ยะคำ และคณะ, 2563, น. 200) การเลือกใช้สถานการณ์ที่มุ่งให้นักเรียนได้แสดงความคิดที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถามที่นำมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายดังกล่าวได้ดีขึ้น เนื่องจากนักเรียนสามารถนำความรู้บางส่วนจากกิจกรรมนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสัมภาษณ์นักเรียนที่ได้แสดงความคิดเห็นว่า กิจกรรมในขั้นตอนนี้ช่วยให้เกิดความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับสถานการณ์หรือประเด็นที่นำมาใช้ และยังสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากกิจกรรมนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของหลักฐานประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ แต่อย่างไรก็ตาม นักเรียนแต่ละคนมีประสบการณ์ในประเด็น

ที่ศึกษาแตกต่างกัน การนำรูปภาพหรือวีดิทัศน์เข้ามาใช้ร่วมด้วย ช่วยให้นักเรียนได้เห็นภาพที่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน และสามารถแสดงความคิดเห็นออกมาได้มากขึ้น แต่จากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมยังพบว่า นักเรียนบางส่วนมีมุมมองว่าวีดิทัศน์ที่นำมาใช้มีคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์หลายคำที่นักเรียนไม่รู้ความหมาย และทำให้นักเรียนบางส่วนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นออกมาได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการอธิบายจากครูเพิ่มเติม

ในขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง นักเรียนที่มีองค์ความรู้ในประเด็นคำถามที่กำหนดให้มาก่อน มีการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ในการเขียนหรือระบุเฉพาะข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้อย่างเฉพาะเจาะจงเท่านั้น ในขณะที่นักเรียนที่ไม่มีองค์ความรู้มาก่อนไม่สามารถตัดสินใจเลือกข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ได้ เนื่องจากการระบุข้อกล่าวอ้างนั้นเป็นกระบวนการที่นักเรียนต้องลงข้อสรุปในเป็นประเด็นคำถามที่นำมาใช้ และใช้ข้อสรุปนั้นในการตอบประเด็นคำถามที่กำหนด ซึ่งต้องอาศัยองค์ความรู้หรือประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องร่วมด้วย (Farida, Setiawan, & Muntholib, 2021, p. 3) ดังนั้น การที่นักเรียนมีองค์ความรู้หรือประสบการณ์ในเนื้อหาที่นำมาใช้เป็นประเด็นคำถาม จึงมีส่วนช่วยในการระบุข้อกล่าวอ้างของนักเรียนให้ดีขึ้น สอดคล้องกับสิ่งที่สังเกตได้ในชั้นเรียน คือ นักเรียนกลุ่มใดที่พอมีองค์ความรู้ในสถานการณ์ที่นำมาใช้อยู่บ้างจะสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างเฉพาะเจาะจง โดยตัดข้อกล่าวอ้างที่เป็นไปไม่ได้ออก ส่วนนักเรียนกลุ่มใดที่ยังไม่มีองค์ความรู้ในสถานการณ์ที่นำมาใช้เป็นคำถาม มักเลือกระบุข้อกล่าวอ้างทั้งหมดที่กำหนดให้ในประเด็นคำถาม

เมื่อเข้าสู่กิจกรรมขั้นค้นหาหลักฐาน นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถค้นหาหลักฐานจากแหล่งเรียนรู้หรือแหล่งสืบค้นข้อมูลที่หลากหลาย จนได้หลักฐานหลายชิ้นมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และยังสามารถเขียนสรุปองค์ความรู้จากการสืบค้นได้เป็นอย่างดี จนสามารถระบุคำตอบของประเด็นคำถามได้อย่างถูกต้อง ในกระบวนการค้นหาหลักฐานนั้น นักเรียนพบข้อมูลที่มีความขัดแย้งกันในแต่ละเว็บไซต์ ทำให้เกิดความสับสน และนำไปสู่การเลือกข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง ในขณะเดียวกัน นักเรียนบางส่วนตั้งคำถามและขอความช่วยเหลือจากครูอยู่บ่อยครั้งในการสืบค้นข้อมูลเพื่อให้ได้คำตอบของประเด็นคำถาม สะท้อนให้เห็นว่า กิจกรรมการค้นหาหลักฐานเป็นสิ่งที่ค่อนข้างยากสำหรับนักเรียน ครูจึงมีบทบาทสำคัญในการวางแนวทางการค้นคว้าข้อมูลและการดูแลช่วยเหลือนักเรียนในการค้นคว้าข้อมูลร่วมด้วย นักเรียนในกลุ่มดีอาจต้องการคำชี้นำจากครูเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่นักเรียนกลุ่มปานกลางและควรปรับปรุงต้องอาศัยการชี้นำจากครูค่อนข้างมากเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลหลักฐานที่ถูกต้อง ในการช่วยเหลือของครูอาจใช้คำถามปลายเปิดเพื่อชี้นำแนวทางในการค้นหาข้อมูลหรือมีการระบุกรอบแนวทางในการค้นคว้าข้อมูล

ให้กับนักเรียน มากกว่าการบอกคำตอบให้กับนักเรียนโดยตรง เนื่องจากการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อชี้นำแนวทางในการค้นหาข้อมูลให้กับนักเรียนนั้น เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการจัดระบบความคิด ช่วยส่งเสริมให้เกิดความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาและความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะความรู้มากยิ่งขึ้น (ณัฐวรรณ ศิริธร และเอกภูมิ จันทรขันตี, 2562, น. 138) สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนที่สามารถสืบค้นข้อมูลและเขียนระบุคำตอบของประเด็นคำถามได้ง่ายขึ้นเมื่อครูมีการใช้คำถามชี้นำในการสืบค้นข้อมูล นักเรียนได้อ่านและเขียนสรุปข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐาน และสามารถอธิบายข้อมูลที่ตนเองสืบค้นได้เป็นอย่างดี ผ่านกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้นำหลักฐานที่สืบค้นได้ มาแลกเปลี่ยนกับเพื่อลงข้อสรุปในหลักฐานที่ถูกต้อง จนสามารถลดปัญหาที่นักเรียนค้นพบข้อมูลที่ไม่ถูกต้องลงได้ เนื่องจากการที่นักเรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้หรืออภิปรายร่วมกับเพื่อนภายในกลุ่ม ช่วยให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตนเองมี จนนำไปสู่การประเมินและการตัดสินใจเลือกข้อมูลหลักฐานที่ถูกต้อง (Klinkla, Phibanchon, & Srisnyong, 2016, p. 216; เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ, 2561, น. 1750; ราตรี ยะคำ และคณะ, 2563, น. 200) ดังนั้น การให้นักเรียนได้ค้นหาหลักฐาน การใช้คำถามเพื่อชี้นำไปสู่การหาคำตอบที่ถูกต้อง และการให้นักเรียนได้พูดอภิปรายหรือแลกเปลี่ยนหลักฐานที่ตนเองสืบค้นได้ จึงช่วยให้นักเรียนได้หลักฐานและมีองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษาอย่างถูกต้อง จนมีความสามารถในการระบุหลักฐานที่ดีขึ้น และมีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ในองค์ประกอบหลักฐานที่ดีขึ้น แม้ในการจัดการเรียนรู้ครั้งที่ 5 และ 7 นักเรียนมีระดับความสามารถในการแสดงหลักฐานลดน้อยลงกว่าครั้งก่อนหน้า อันเนื่องมากการที่นักเรียนสืบค้นข้อมูลไม่ครบถ้วน หลักฐานที่นักเรียนเขียนนั้นจึงไม่ถูกต้องหรืออาจถูกต้องแต่ขาดความสมบูรณ์ของรายละเอียด ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการประเมินองค์ประกอบนี้ให้อยู่ในระดับปานกลางและควรปรับปรุง การเน้นย้ำให้นักเรียนตรวจสอบความสมบูรณ์ของรายละเอียดของหลักฐาน จึงเป็นสิ่งที่ครูต้องเน้นย้ำในกระบวนการจัดการเรียนรู้ร่วมด้วย

หลังจากที่นักเรียนได้องค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานจากกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนก่อนหน้าแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การเขียนแผนภาพ ซึ่งนักเรียนบางส่วนมีความไม่มั่นใจในการเขียนแผนภาพและเชื่อมโยงเครื่องหมายลูกศร โดยถามครูอยู่บ่อยครั้งว่าแผนภาพที่ได้เขียนนั้นถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากไม่มั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลหลักฐานที่ตนเองสืบค้นได้ สะท้อนให้เห็นว่า ในขั้นตอนก่อนหน้าครูอาจจำเป็นต้องให้แนวทางในการค้นหาข้อมูลหรือกำหนดแหล่งสืบค้นข้อมูลที่ถูกต้องให้กับนักเรียน มากกว่าการให้นักเรียนได้ค้นคว้าอย่างอิสระ มีการให้เวลานักเรียนในการอภิปรายแลกเปลี่ยนหลักฐานที่ตนเองสืบค้นได้เพิ่มมากขึ้น และให้นักเรียนแต่ละ

กลุ่มได้นำเสนอหลักฐานที่สืบค้นได้ กระบวนการเหล่านี้ช่วยให้นักเรียนได้เปรียบเทียบความถูกต้องหลักฐานที่กลุ่มตนเองสืบค้นได้กับกลุ่มเพื่อน จนมีความมั่นใจในหลักฐานที่ตนเองสืบค้นได้เพิ่มมากขึ้น และเพิ่มความไม่มั่นใจในการเขียนแผนภาพมากขึ้น ในช่วงของการระบุเหตุผลประกอบการเขียนแผนภาพ นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเขียนเหตุผลออกมาได้ หรือเขียนออกมาได้แต่อาจไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง ทั้งนี้เกิดจากการที่นักเรียนไม่ทราบวิธีการเขียนเหตุผล และไม่ทราบว่าต้องเริ่มเขียนเหตุผลด้วยประโยคอย่างไร สะท้อนให้เห็นว่า การให้นักเรียนได้ทราบวิธีการเขียนเหตุผลเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้สะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ฯ ของนักเรียนในระหว่างทำกิจกรรมเมื่อครูยกตัวอย่างหรือบอกแนวทางในการเขียนเหตุผลโดยพิจารณาถึงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานนำมาใช้กับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นเพิ่มเติม นักเรียนสามารถเขียนเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพได้รวดเร็วยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อผ่านการจัดการเรียนรู้ไปหลายครั้ง นักเรียนสามารถให้เหตุผลได้ดีขึ้น และมีระดับความก้าวหน้าในการเรียนรู้ฯ ในองค์ประกอบการให้เหตุผลสูงขึ้นในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ดังนั้น การที่นักเรียนรู้วิธีการเขียนเหตุผล และได้พิจารณาถึงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุเหตุผลได้ดี

ในขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนติดปัญหาในการนำแต่ละองค์ประกอบมาเขียนเรียบเรียงเป็นประโยคของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อนักเรียนได้เห็นตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเขียนเรียบเรียงข้อความได้สะดวกมากยิ่งขึ้น สะท้อนให้เห็นว่า ตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการฝึกฝนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยช่วยลดข้อจำกัดในการเขียนเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันได้

กิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งนักเรียนต้องสร้างคำอธิบายเหล่านี้ด้วยตนเอง โดยตั้งแต่การจัดการเรียนรู้ในครั้งที่ 3 เป็นต้นไป นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ต้องเริ่มจากการระบุข้อกล่าวอ้าง ค้นหาหลักฐาน เขียนแผนภาพ และระบุเหตุผลตามแนวทางที่กำหนดในใบกิจกรรม สะท้อนให้เห็นว่า กิจกรรมที่นำมาใช้ช่วยนักเรียนเข้าใจในกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากขึ้นในแต่ละครั้งที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ จนนักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ครบทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในขณะเดียวกัน กิจกรรมการเรียนรู้ในช่วง 1 - 3 ครั้งแรก นักเรียนใช้ระยะเวลาในการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างมาก แต่ในการจัดการเรียนรู้ตั้งแต่ครั้งที่ 4 เป็นต้นไป นักเรียนใช้ระยะเวลา

น้อยลง แต่ยังคงเขียนคำอธิบายได้สมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจและความชำนาญในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบนักเรียนบางส่วนที่เขียนเหตุผลโดยการกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ เนื่องจากนักเรียนมีมุมมองว่าเหตุผลของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นี้คือหลักฐานที่ตนเองได้ทำการค้นคว้ามา ซึ่งครูจำเป็นต้องอธิบายและสร้างความเข้าใจกับนักเรียนในกลุ่มนี้เพิ่มเติม อีกทั้งยังต้องมีการสะท้อนผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนได้เห็นแนวทางในการปรับปรุงตนเองร่วมด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ (ตีรณา ชุมแสง, เอกภูมิ จันทรขันตี, และ สุรศักดิ์ เชียงกา, 2560, น. 1188) ที่พบว่า แม้ว่าครูอธิบายความแตกต่างของการเขียนหลักฐานและการให้เหตุผลกับนักเรียนแล้ว แต่นักเรียนยังคงเขียนหลักฐานและการให้เหตุผลสลับกันหรือเขียนการให้เหตุผลจากหลักฐานที่สืบค้นได้อยู่ จึงจำเป็นต้องเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจอยู่บ่อยครั้งจนกว่านักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง และการศึกษาของ เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ และคณะ (2561); พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้รับคำแนะนำและการให้ข้อมูลย้อยกลับเกี่ยวกับผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากครูเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาความสามารถดังกล่าวของนักเรียนให้มีระดับที่ดีขึ้น

จากมุมมองของนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ สะท้อนให้เห็นว่า แม้ครูมีการอภิปรายหรือสรุปองค์ความรู้ในขั้นตอนก่อนหน้าเพื่อให้นักเรียนนำมาประยุกต์ใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนนี้แล้วก็ตาม นักเรียนยังคงต้องการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อนำมาประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ร่วมด้วย อาจเป็นเพราะนักเรียนต้องการตรวจสอบและยืนยันความเข้าใจของตนเองเพิ่มเติม และเพิ่มความมั่นใจในการแสดงหลักฐานและให้เหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมด้วย นอกจากนี้ยังสะท้อนให้เห็นว่า กิจกรรมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบเดี่ยวนั้นมีความยากสำหรับนักเรียนมากกว่าการทำกิจกรรมแบบกลุ่ม ที่นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้าง ค้นหาหลักฐาน และให้เหตุผลร่วมกัน นักเรียนในแต่ละกลุ่มความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือ ดีปานกลาง และควรปรับปรุง มีความต้องการการช่วยเหลือจากครูที่แตกต่างกัน และมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน นักเรียนในกลุ่มระดับดี ต้องการความช่วยเหลือจากครูในการชี้นำวิธีการสืบค้นข้อมูล การเขียนเหตุผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนแนวทางในการทำกิจกรรมในขั้นตอนต่าง ๆ น้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ นักเรียนสามารถเลือกระบุข้อกล่าวอ้างที่อย่างถูกต้อง สามารถสืบค้นหลักฐานสนับสนุนและลงข้อสรุปองค์ความรู้จากที่สืบค้นออกมาได้เป็นอย่างดี สามารถเขียนแผนภาพและ

ให้เหตุผลประกอบได้ดี ที่สำคัญนักเรียนกลุ่มนี้สามารถสร้างคำอธิบายดังกล่าวออกมาได้ดีกว่ากลุ่มปานกลางและควรปรับปรุง ที่ต้องการความช่วยเหลือจากครูค่อนข้างมาก อาทิ ต้องการให้ครูบอกแหล่งในการสืบค้นข้อมูลในประเด็นที่ศึกษาเนื่องจากหาข้อมูลในบางประเด็นไม่พบ ต้องการให้ครูช่วยสรุปข้อมูลที่สืบค้นได้เนื่องจากไม่แน่ใจในความถูกต้องของข้อมูลที่สืบค้น ต้องการให้ครูช่วยยกตัวอย่างเหตุผลประกอบการใช้แผนภาพ ที่สำคัญ คือ มีความต้องการให้ครูช่วยสรุปองค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากการสืบค้นข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมประเด็นศึกษาเมื่อเทียบกับนักเรียนที่มีวามสามารถฯ ในระดับดี

จากการวิเคราะห์ของผู้วิจัย ปัจจัยที่ส่งเสริมให้นักเรียนในทุกกลุ่มสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น ประกอบด้วย

1) การได้รู้องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และได้รับการฝึกฝนให้เขียนคำอธิบายตามองค์ประกอบนั้น โดยอาจมีตัวอย่างแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้เรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจว่าการสร้างคำอธิบายดังกล่าวนั้นมีวิธีการอย่างไร ทำให้นักเรียนเขียนออกมาได้อย่างสมบูรณ์ครบทุกองค์ประกอบ

2) การมีประสบการณ์หรือองค์ความรู้เบื้องต้นในประเด็นที่ศึกษา ช่วยให้นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ดีขึ้น

3) การได้สืบค้นข้อมูลและลงข้อสรุปในข้อมูลที่สืบค้น ช่วยให้นักเรียนได้องค์ความรู้ในประเด็นที่ศึกษา และได้หลักฐานที่นำมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

4) การได้เขียนแผนภาพ ช่วยให้นักเรียนได้มองเห็นการถ่ายโอนจากข้อกล่าวอ้างชั่วคราวเป็นข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ที่มีความสอดคล้องกับหลักฐานและมีเหตุผลที่เหมาะสมมาประกอบ ทำให้นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบต่าง ๆ ได้สมบูรณ์และถูกต้องมากขึ้น

จากผลการศึกษาความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีผลต่อการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ทั้งในรูปแบบของการทำกิจกรรมกลุ่มและเดี่ยว โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมองค์ประกอบย่อยต่าง ๆ แล้วนำองค์ประกอบเหล่านี้มาเรียบเรียงกันเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถดังกล่าวที่สูงขึ้น

4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงความสามารถทางด้านสติปัญญาของนักเรียน ทั้งด้านความเข้าใจในแนวคิด หลักการ หรือทฤษฎี ความสามารถในการ

ปฏิบัติ ตลอดจนความรู้สึกนึกคิดของนักเรียนภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ (Cahyono & Haryanto, 2016, p. 22; Phye, 1996, p. 3) การที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น จึงเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงการมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ดีขึ้น ตลอดจนการมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องด้วย โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาดีขึ้นอยู่หลายขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การค้นหาหลักฐาน ที่ในระหว่างการสืบค้นข้อมูลเพื่อหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง นักเรียนมีการศึกษาและเรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ ไปในเวลาเดียวกัน จนมีองค์ความรู้ในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอและถูกต้องเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และใช้เป็นส่วนหนึ่งของการสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Aldresti et al. (2018); Oktavianti et al. (2018); Yao et al. (2016) ที่พบว่า การที่นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่นักเรียนต้องมีพื้นฐานองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องร่วมด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 การเขียนแผนภาพ ที่นักเรียนได้ร่วมกันระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องมีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องจึงสามารถระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และการที่นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์นี้ ย่อมส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้นด้วย สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Oktavianti et al. (2018); Zembal-Saul et al. (2013) ที่พบว่า การฝึกฝนให้นักเรียนได้ระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่สะท้อนถึงความพยายามของนักเรียนในการทำความเข้าใจกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ศึกษา และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เชื่อมโยงองค์ความรู้จากหน่วยการเรียนรู้ต่าง ๆ หรือประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้เข้าด้วยกัน ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้ง หรือแม้กระทั่งกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นที่ 5 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีกิจกรรมที่ให้นักเรียนอภิปรายและสรุปองค์ความรู้ในเนื้อหาที่ได้ศึกษาร่วมกัน กิจกรรมนี้ช่วยให้นักเรียนที่สืบค้นข้อมูลไม่ครอบคลุมในทุกประเด็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ มีความเข้าใจเนื้อหาในภาพรวมที่ดีขึ้น และช่วยให้นักเรียนที่มีความเข้าใจหรือมีองค์ความรู้ที่ไม่ถูกต้องในบางประเด็นได้ปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ของตนเองให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ McNeill and Krajcik (2008b); Oktavianti et al. (2018) ที่พบว่า เมื่อนักเรียนเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้น ช่วยให้นักเรียนเกิดความฉลาดรู้วิทยาศาสตร์ มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อีกทั้งยังช่วยให้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม แม้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน แต่ยังคงต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 อาจเป็นผลมาจากในขั้นค้นหาหลักฐาน นักเรียนบางส่วนมีการแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งค้นคว้าในประเด็นคำถามที่กำหนด มากกว่าการค้นหาความรู้ในภาพรวมของเรื่องที่ศึกษา ทำให้นักเรียนเหล่านี้มีองค์ความรู้ไม่ครอบคลุมตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด และไม่เพียงพอต่อการตอบคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีการใช้ข้อคำถามครอบคลุมในทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนทำคะแนนจากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกมาได้ไม่สูงมากนัก เมื่อพิจารณาร่วมกันขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีการตั้งคำถามให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ในประเด็นที่นำมาใช้เป็นบทเรียน นักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบได้เฉพาะองค์ความรู้ในประเด็นที่เกี่ยวเนื่องกับคำถามเท่านั้น ในขณะที่มีนักเรียนเพียงบางส่วนที่สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมดและครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ผลจากการศึกษาสะท้อนถึงความจำเป็นที่ครูต้องเน้นย้ำให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลอย่างครอบคลุมประเด็นการเรียนรู้ และนักเรียนต้องได้รับการทบทวนและสรุปองค์ความรู้ในเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาและความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพิ่มมากขึ้น จนมีการเปลี่ยนแปลงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปในระดับที่สูงขึ้นและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการให้เหตุผลของนักเรียนที่มีคะแนนน้อยกว่าองค์ประกอบอื่น (ดังที่ได้อภิปรายไว้ในประเด็นก่อนหน้า) ซึ่งเป็นผลมาจากการที่นักเรียนสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เป็นเหตุผลสนับสนุนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ไม่ดีนัก ดังนั้น กระบวนการทบทวนและสรุปองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาเพิ่มเติม อาจช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่สูงขึ้น และอาจส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุเหตุผลที่ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีผลต่อการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน การที่นักเรียนได้ค้นหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างในขั้นค้นหาหลักฐาน การระบุเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในขั้นเขียนแผนภาพ และการสรุปองค์ความรู้ในขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ล้วนเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษา จนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

อย่างไรก็ตาม แม้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น ได้นำมาใช้กับเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ที่อิงเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม แต่เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนนั้น เป็นแบบ

วัดที่มีเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่เฉพาะเจาะจงไปในรายวิชาใดวิชาหนึ่ง ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถดังกล่าวหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกองค์ประกอบดังนั้น ผลจากการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัยนี้ จึงสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้ทั่วไป (Generalization) และสามารถนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปประยุกต์ใช้กับรายวิชาทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาที่ผู้วิจัยค้นพบจากงานวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้**

1.1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้น มีลำดับขั้นตอน มีการใช้เทคนิคการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง เทคนิคการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ตัวอย่างแนวทางที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ตลอดจนมีบทบาทของครูและนักเรียนที่มีเป้าหมายที่มีความเฉพาะเจาะจงในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ก่อนการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับนักเรียน ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ ควรทำความเข้าใจกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นก่อน เพื่อลดอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน และเพื่อให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามเป้าหมายของแต่ละขั้นตอน

1.2 ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า ข้อมูลหลักฐานของนักเรียนบางคนมีลักษณะที่ขัดแย้งกับข้อมูลของเพื่อนภายในกลุ่ม ซึ่งเป็นผลจากแหล่งสืบค้นข้อมูลนั้นมีการให้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องและเป็นแหล่งข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ อาจกำหนดแหล่งในการสืบค้นข้อมูลในแต่ละประเด็นไว้ เนื่องจากแหล่งข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นบางแหล่งมีการให้ข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องในประเด็นนั้น ๆ หรือบางแหล่งมีการให้ข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ทำให้นักเรียนต้องใช้ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลที่มาก การกำหนดแหล่งในการสืบค้นข้อมูลไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์ หนังสือ หรือใบความรู้ที่ครูทำขึ้น จึงช่วยให้นักเรียนได้แหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและลดระยะเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียนลง

1.3 ในระหว่างการทำกิจกรรมการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลอง ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า นักเรียนมักมีคำถามเกี่ยวกับการใช้เครื่องหมายลูกศรเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานแต่ละชิ้นไปยังข้อกล่าวอ้าง โดยเฉพาะเมื่อมีหลักฐานหลายชิ้นซึ่งมีทั้งเกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง หากนักเรียนไม่จัดกลุ่มหลักฐานเหล่านั้นก่อน นักเรียนมักเกิดความสับสนเวลาที่โยง

เส้นว่าหลักฐานแต่ละชิ้นสนับสนุนข้อกล่าวอ้างใด ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ ควรอธิบายวิธีการเขียนแผนภาพให้นักเรียนเข้าใจก่อน หลักฐานที่นักเรียนบางกลุ่มสืบค้นได้อาจมีจำนวนมากตามแหล่งข้อมูลที่นักเรียนเลือกใช้ โดยมีทั้งหลักฐานที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง จึงควรให้นักเรียนแยกหลักฐานที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นออกก่อน เพื่อลดความสับสนในการโยงเครื่องหมายลูกศร และช่วยให้นักเรียนพิจารณาได้ว่าหลักฐานแต่ละชิ้นสนับสนุนหรือขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างใด

1.4 ในกิจกรรมการเขียนเหตุผล ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า แม้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเขียนเหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้วก็ตาม แต่นักเรียนหลายคนยังไม่สามารถเริ่มต้นประโยคในการเขียนเหตุผลได้ ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ ควรแนะนำวิธีการเริ่มต้นประโยคในเขียนเหตุผลให้กับนักเรียน เช่น การให้นักเรียนพิจารณาว่าข้อกล่าวอ้างคืออะไร แล้วให้นักเรียนเขียนอธิบายว่า “เพราะ ข้อกล่าวอ้างนี้เป็นอย่างไร” โดยพิจารณาหลักฐานที่สืบค้นได้ร่วมด้วย เป็นต้น หรืออาจสอดแทรกเทคนิคในการเขียนอื่น ๆ เพิ่มเติม

1.5 ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอน ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า นักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถในระดับควรปรับปรุงมักหาข้อมูลหลักฐานไม่พบหรือหาพบแต่ไม่ถูกต้อง มักสรุปหลักการทางวิทยาศาสตร์มาเขียนเป็นเหตุผลได้ไม่ดีนัก และมักมีปัญหาในการเรียบเรียงข้อความหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ในช่วงการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ ควรให้ความสำคัญกับการแบ่งกลุ่มนักเรียนแบบคละความสามารถ เพื่อนักเรียนกลุ่มเก่งได้ช่วยเหลือนักเรียนกลุ่มอ่อนในระหว่างการทำกิจกรรม การที่ในแต่ละกลุ่มมีนักเรียนแบบคละความสามารถช่วยให้ปัญหาในการทำกิจกรรมเหล่านี้เกิดความราบรื่นมากยิ่งขึ้น

1.6 ในขั้นตอนสุดท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า นักเรียนบางส่วนเขียนองค์ประกอบไม่ครบถ้วน ในขณะที่นักเรียนบางคนเขียนองค์ประกอบครบถ้วนแต่มีใจความของประโยคไม่สมบูรณ์ตามที่นักเรียนได้รวบรวมไว้ ทำให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีใจความที่ไม่สมบูรณ์ ครูและผู้ที่สนใจในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ไปใช้ ควรเน้นย้ำให้นักเรียนตรวจสอบการเขียนของตนเองอยู่เสมอ ว่ามีการระบุองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วนหรือไม่ พร้อมตรวจสอบความสมบูรณ์ของประโยคในแต่ละองค์ประกอบ

1.7 ผลจากการวิจัยทำให้ได้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น นำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไป อีกทั้งยังส่งผลให้ครูผู้สอนได้มีทางเลือกในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถดังกล่าวให้กับนักเรียน ในการนี้ ผู้เกี่ยวข้องเชิงนโยบายด้านการจัดการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถนำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศไทย เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนไทยมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น สอดคล้องตามแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA)

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มดี ปานกลาง และควรปรับปรุง มีกระบวนการได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังมีความต้องการปัจจัยสนับสนุนเพื่อให้สามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ที่แตกต่างกัน การศึกษาเชิงลึกถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม หรือความต้องการปัจจัยสนับสนุนต่าง ๆ ช่วยสะท้อนภาพของการส่งเสริมดังกล่าวของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

2.2 กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นค้นหาหลักฐานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เน้นกระบวนการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานประกอบข้อกล่าวอ้างเพียงอย่างเดียว เนื่องจากบริบทของเนื้อหาไม่เอื้อต่อการทำการทดลอง นักวิจัยและนักการศึกษาที่สนใจอาจเปลี่ยนแปลงเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการทำการทดลองของนักเรียนมากขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยวิธีการที่หลายหลาย ไม่ว่าจะเป็นการสำรวจตรวจสอบ การทำการทดลอง หรือการอภิปรายและเปลี่ยนเรียนรู้

2.3 จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้น สามารถให้เหตุผลประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น และมีทักษะในการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูลหลักฐานที่ดีขึ้น นักวิจัยและนักการศึกษาอาจทำการศึกษาผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ต่อการส่งเสริมความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ตลอดจนทักษะการรู้เท่าทันสื่อเพิ่มเติมด้วย

บรรณานุกรม

กรกนก เลิศเดชาภัทร, และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์. (2559). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 46*(2), 1-20.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช* 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2559). *ผลการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงและความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กัลยา ภูทัตโต. (2560). ผลของการใช้การเรียนรู้สืบสอบแบบแนะนำเน้นกระบวนการที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา, 11*(1), 266-281.

กัลยารัตน์ บุญรอด. (2551). *ปัจจัยการบริหารการศึกษาที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนเอกชน ในจังหวัดพังงา.* (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. การบริหารการศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

กิตติศักดิ์ เกตุนุติ. (2559). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ B-R-A-I-N เพื่อส่งเสริมความสามารถทางการคิดวิจารณญาณของเด็กปฐมวัย.* (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. การศึกษาปฐมวัย). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ, เอกภูมิ จันทรขันตี, และ สุรศักดิ์ เชียงกา. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* บทความนำเสนอด้วยวาจาในการประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 16, มหาวิทยาลัยรังสิต.

จงกล บุญรอด. (2557). *ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จงกล บุญรอด, และอลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง MORE ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *10*(2), 238-248.

จารุวรรณ เชื้อแสง, ดวงใจ สีเขียว, และสุณิสา สุมิรัตนะ. (2559). *การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสท์กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3*. (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

จิตติรัตน์ แสงเลิศอุทัย. (2558). เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย. *วารสารบัณฑิตศึกษา, 12*(58), 13-24.

จิรกิตติ์ เนาวพงศ์รัตน์. (2562). *การจัดการเรียนรู้พลศึกษาตามแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ ค.ม. สุขศึกษาและพลศึกษา). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฉลองวุฒิ จันทร์หอม, และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2563, 27 มีนาคม). *การสำรวจความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบย่อยอาหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* บทความนำเสนอด้วยวาจาในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 21, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชำนาญ ด่านคำ. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนสังคมเกมิฟิเคชั่นออนไลน์เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการเรียนรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี.* (ปริญญา ปร.ด. คอมพิวเตอร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ฐิติยา เกตุคำ. (2551). *ผลการใช้บทเรียนออนไลน์ เรื่อง วิธีจัดหมู่ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (สารนิพนธ์ กศ.ม. การมัธยมศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ณัฐวรรณ ศิริธร, และเอกภูมิ จันทรขันตี. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร*, *39*(1), 130-131.

ตีรณา ชุมแสง, เอกภูมิ จันทรขันตี, และสุรศักดิ์ เชียงกา. (2560, 10 มีนาคม). *การพัฒนา*

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมดุลกล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน. บทความนำเสนอด้วยวาจาในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ระดับชาติและนานาชาติ 2560, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เตชทัต เรืองธรรม. (2559). SWH การเขียนทางวิทยาศาสตร์. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 45*(203), 7-13.

ทิศนา แขมมณี. (2544). *วิทยาการด้านการคิด.* กรุงเทพฯ: มาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2546). *14 วิธีสอนสาหรับครูมืออาชีพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: มาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

ทิศนา แขมมณี. (2551). *รูปแบบการเรียนการสอน.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2557). *รูปแบบการสอน.* สืบค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2563 สืบค้นจาก https://www.slideshare.net/ParichartAmpon/ss-32338138

ธนัทพงษ์ วังทะพันธ์, ชลทิพย์ จันทร์จำปา, และวนิดา วอนสวัสดิ์. (2561). *การศึกษาลิพิดและโปรตีนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เพื่อพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์.* บทความนำเสนอด้วยวาจาในการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ.

ธนาวุฒิ ลาตวงษ์. (2559). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบ 5A เพื่อส่งเสริมอภิปัญญาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. วิทยาศาสตรศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ธัญกมล ศักดิ์สูง, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2562). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง กรด-เบส. *วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, 13*(2), 237-250.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *หลักการวิจัยเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

พรรณนภา อนิวรรตนวงศ์, และร่มเกล้า จันทราษี. (2562). การประเมินผลของการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับการใช้การเชื่อมโยงหลักฐานและแบบจำลองที่มีต่อการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย อิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, 5*(1), 65-83.

พัชรินทร์ ชมภูวิเศษ. (2559). *การวัดและประเมินผลการศึกษา* (*Educational Measurement and Evaluation)*. อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

พัณนิดา มีลา, และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมการสร้างความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19*(3), 1-15.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

พิริยะ วรรณไทย, และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2564). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างแบบอัตนัยจำกัดคำตอบและไม่จำกัดคำตอบสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารบัณฑิตวิจัย, 12*(2), 103-118.

พุทธริธร บูรณสถิตวงศ์, สุรีย์พร สว่างเมฆ, และปราณี นางงาม. (2562). การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์และสมรรถนะ การแปลความหมายข้อมูลและประจักษ์พยานในเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการใช้สื่อโฆษณา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21*(2), 212-224.

มณีญา สุราช. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา*. อุดรธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

มาเรียม วัทนาด. (2559). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง ระบบประสาทของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แผนผังรูปตัววี และการจัดการเรียนรู้ปกติ. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7*(2), 254-264.

รัตนา สิงหกุล. (2547). *การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. สืบค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2564 จาก http://sps.lpru.ac.th/script/show_article.pl?mag_id=11&group_id=50&article_id=910

ราตรี ยะคำ, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. (2563). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อศึกษาแนวการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *22*(1), 190-203.

ล้วน สายยศ, และอังคณา สายยศ. (2540). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

ละเอียด รักษ์เผ่า. (2528). *รูปแบบการสอนเป็นกลุ่มที่ให้ผลการเรียนใกล้เคียงกับผลการสอนแบบครูหนึ่งคนต่อนักเรียนหนึ่งคน.* (ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ลือชา ลดาชาติ. (2559). ความก้าวหน้าในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, *7*(1), 141-162.

วรชัย สุทธไชย, และสมปรารถนา วงศ์บุญหนัก. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีอวกาศและทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม.* (สารนิพนธ์ กศ.ม. วิทยาศาสตรศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ

วัลลภา วาสนาสมปอง. (2563). *ผลของรูปแบบการเรียนรู้แบบนำความสุขสู่ผู้เรียนที่มีต่อพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม ในรายวิชากายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยา.* (ปริญญานิพนธ์ ปร.ด. การวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ประยุกต์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ รัศมีพรหม. (2542). *การออกแบบและพัฒนาระบบการสอน.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (*Classical Test Theory)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557a). *คู่มือการวัดประเมินผลวิทยาศาสตร์.* สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2564 จาก http://sa.ipst.ac.th/?p=682

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557b). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.* สืบค้นเมื่อ 21 พฤษภาคม 2564 จาก http://biology.ipst.ac.th/?p=688

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ (ฉบับสมบูรณ์)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สวาท ติละโพธิ์, และจารุวรรณ พลอยดวงรัตน์. (2558). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียนรู้ การจัดการชั้นเรียนของครู และบรรยากาศของโรงเรียนกับความสามารถในการเผชิญและฟันฝ่าอุปสรรค (AQ) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (สารนิพนธ์ กศ.ม. การบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, *39*(3), 66-82.

สันติชัย อนุวรชัย. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, *7*(2), 1-14.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2560). จริยธรรมการวิจัยในคน. *วิทยาสารทันตสาธารณสุข, 22*(2), 70-77.

สำนักงานบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย. (2559). *แนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2562 จาก https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2016/09/20160908101755_51855.pdf

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2558). *ผลของการใช้การสืบสอบแบบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษตอนต้น*. (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุภาวดี เดชสุวรรณรัศมี, หัสชัย สิทธิรักษ์, และจิต นวนแก้ว. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมโนทัศน์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญทรรศน์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 13*(2), 223-232.

ไสว ฟักขาว. (2558). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills).* สืบค้นเมื่อ 2 พฤศจิกายน 2562 จาก http://web.chandra.ac.th/blog/wp-content/uploads/2015/10/ทักษะแห่งศตวรรษที่-21-พับ.pdf

อนงรัตน์ แก้วบำรุง. (2554). *ผลของการเรียนการสอนฟิสิกส์โดยใช้รูปแบบการสร้างความรู้พื้นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์เรื่องงานและพลังงานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษตอนปลาย.* (วิทยานิพนธ์ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อรยา ใจแจ่ม. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง.* (ปริญญา ศศ.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abbas, J., Aman, J., Nurunnabi, M., & Bano, S. (2019). The impact of social media on learning behavior for sustainable education: Evidence of students from selected universities in Pakistan. *Sustainability, 11*(6), 1683.

Aflalo, E., & Gabay, E. (2013). Learning approach and learning: Exploring a new technological learning system. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 7*.

Aldresti, F., Rahayu, S., & Fajaroh, F. (2018). The influence of inquiry-based chemistry learning with the context of sociosaintific issues on high school students'scientific explanation skills. *Jurnal Pengajaran MIPA, 23*(2).

Allen, J., & Rogers, M. P. (2015). Putting ideas on paper. *Science & Children, 53*(3), 32-37.

American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. USA: American Educational Research Association.

Andrade, V. D., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education,*

49(3), 787-807.

Australian curriculum assessment and reporting authority. (2020). The shape of the Australian curriculum version 5.0. In. Sydney: Australian Government Printer Canberra.

Bakırcı, H., Çalık, M., & Çepni, S. (2017). The effect of the common knowledge construction model-oriented education on sixth grade students' views on the nature of science. *Journal of Baltic Science Education, 16*(1), 43-55.

Baumfalk, B., Bhattacharya, D., Vo, T., Forbes, C., Zangori, L., & Schwarz, C. (2019). Impact of model-based science curriculum and instruction on elementary students' explanations for the hydrosphere. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(5), 570-597.

Belova, N., & Eilks, I. (2015). Learning with and about advertising in chemistry education with a lesson plan on natural cosmetics – a case study. *Chemistry Education Research and Practice, 16*(3), 578-588.

Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education, 93*(1), 26-55.

Biological Science Curriculum Study. (2012). *Scientific explanation tool guide for teachers.* Retrieved on December 7, 2016, from https://www.urbanadvantagenyc.org/wp-Content/uploads/2018/04/BSCS-DSET-Data-first-What-is-CER.pdf

Blerkom, M. V. (2017). *Measurement and statistics for teachers* (2nd ed.). NY: Routledge.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives.* . NY: McKay.

Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education, 83*(7), 1032.

Cahyono, A., & Haryanto, S. (2016). Increasing motivation and science learning achievement through the implementation of outdoor cooperative learning model in class VIII SMP 2 Banguntapan academic year 2015/2016. *Journal of Education and Practice, 7*(26), 21-26.

Carillo, L., Lee, C., & Rickey, D. (2005). Enhancing science teaching by doing more: A

framework to guide chemistry students' thinking in the laboratory. *The Science Teacher, 72*, 60.

Chang, K., Sung, Y. T., & Lee, C. I. (2003). Web-based collaborative inquiry learning. *J. Comp. Assisted Learning, 19*, 56-69.

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research methods in education* (8th ed.). New York: Routledge.

Cranston, C. M., & McCort, B. (1985). A learner analysis experiment: cognitive style versus learning style in undergraduate nursing education. *The Journal of nursing education, 24*(4), 136–138. https://doi.org/10.3928/0148-4834-19850401-04

Cronje, R., Murray, K., Rohlinger, S., & Wellnitz, T. (2013). Using the science writing heuristic to improve undergraduate writing in biology. *International Journal of Science Education, 35*(16), 2718-2731.

Djamarah, S. B. (2011). Psikologi belajar cetakan ketiga. *Jakarta: PT. Rineka Cipta*.

Falk, A., & Brodsky, L. (2014). Scientific explanations and arguments: Seeing and supporting explanation and argumentation in students' talk. *Science Scope, 37*(7), 66-70.

Farida, I. I., Setiawan, A. M., & Muntholib, M. (2021). *Assessing eighth graders' scientific explanation on human excretory system.* Paper presented at the AIP Conference Proceedings.

Federer, M. R., Nehm, R. H., Opfer, J. E., & Pearl, D. (2015). Using a constructed-response instrument to explore the effects of item position and item features on the assessment of students' written scientific explanations. *Research in Science Education, 45*(4), 527-553.

Good, C. (1973). *Dictionary of education*. NY: Mark Hill Book Company.

Gotwals, A. W., Songer, N. B., & Bullard, L. (2012). Assessing students' progressing abilities to construct scientific explanations *Learning progressions in science* (pp. 183-210): Brill Sense.

Greenbowe, T. J., Rudd, J. A., & Hand, B. M. (2007). Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general equilibrium. *Journal of Chemical*

Education, 84(12), 2007.

Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5th ed.). New York: Psychology Press.

Hanson, D. (2007). *Designing process-oriented guided-inquiry activities*. In. Retrieved on September 20, 2017, from https://www.researchgate.net/publication/238073200_Designing_Process-Oriented_Guided-Inquiry_Activities

Holmes, N. G., Wieman, C. E., & Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(36), 11199-11204.

Johnson, K. A., & Foa, L. J. (1996). *Instructional design : new alternatives for effective education and training*. Phoenix: Oryx Press.

Joyce, B. R., & Weil, M. (2003). *Models of teaching* (5th ed.). New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.

Joyce, B. R., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of teaching* (8th ed.). Boston: Pearson/Allyn and Bacon Publishers.

Kaldaras, L., Akaeze, H., & Krajcik, J. (2021). Developing and validating Next Generation Science Standards-aligned learning progression to track three-dimensional learning of electrical interactions in high school physical science. *Journal of Research in Science Teaching, 58*(4), 589-618.

Karyadi, B., Susanta, A., Winari, E. W., Ekaputri, R. Z., Enersi, D. (2018). The development of learning model for natural science based on environmental in conservation area of Bengkulu university. *Journal of Physics: Conference Series, 1013*(1).

Kennedy, K., & Folkes, C. (2018). Dropping anchor: The power of an anchor activity to develop claims, evidence, and reasoning in the science classroom. *Science Scope, 42*(3), 42-47.

Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2013). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education, 43*(4), 1645-1663.

Klinkla, R., Phibanchon, S., & Srisnyong, S. (2016). The effect of inquiry learning and open

approach on stoichiometry chemistry to develop ability in analytical thinking for 11th grade students. *Journal of Education Naresuan University, 18*(1), 211-217.

Krajcik, J., & McNeill, K. (2015). Designing and assessing scientific explanation tasks. *Encyclopedia of science education, 285*, 285-346.

Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. California: Sage publications.

Laal, M., & Laal, M. (2012). Collaborative learning: what is it? *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 31*, 491-495.

Lederman, N. G., & Abell, S. K. (2014). *Handbook of research on science education*. NY: Routledge.

Liljequist, D., Elfving, B., & Skavberg Roaldsen, K. (2019). Intraclass correlation – A discussion and demonstration of basic features. *PloS one, 14*(7), e0219854.

Limberg, T. (2016). *Claims, evidence and reasoning: A framework for evidence-based writing on the subject of evolution.* (Master thesis). Hamline university, US. Retrieved on December 15, 2016, from https://digitalcommons.hamline.edu/hse_all/4195

Lombardi, D., Sibley, B., & Carroll, K. (2013). What's the alternative? Using model-evidence link diagrams to weigh alternative models in argumentation. *The Science Teacher, 080*, 36-41.

Maheshwari, V. K., & Maheshwari, S. R. (2013). *Models of teaching*. Retrieved on June 8, 2017, from http://www.vkmaheshwari.com/WP/?p=1312

McNeill, K. L. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: the claim, evidence, and reasoning framework for talk and writing*. Boston: Pearson.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations *Thinking with data.* (pp. 233-265). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008a). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. *Assessing science learning:*

Perspectives from research and practice, 101-116.

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008b). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 45*(1), 53-78.

Meacham, B. (2017). Implementing the claim, evidence, reasoning framework in the chemistry classroom. Retrieved on March 17, 2017, from https://www.chemedx.org/article/implementing-claim-evidence-reasoning-framework-chemistry-classroom

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

National science teachers association. (2013). *The Next Generation Science Standards.* Retrieved on December 20, 2016, from https://www.nsta.org/nstas-official-positions/next-generation-science-standards

Nawani, J., Kotzebue, L. v., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2019). Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: a lesson-design model. *Journal of Biological Education, 53*(4), 378-389.

OECD. (2015). *Thailand student performance (PISA 2015)*. Retrieved on December 10, 2016, from http://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?plotter=h5&primaryCountry=THA&treshold=10&topic=PI

OECD. (2018). *Thailand student performance (PISA 2018)*. Retrieved on December 10, 2016, from https://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?primaryCountry=THA&treshold=10&topic=PI

Oktavianti, E., Handayanto, S., Wartono, W., & Saniso, E. (2018). Students' scientific explanation in blended physics learning with e-scaffolding. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 7*(2), 181-186.

Pagano, R. R. (2012). *Understanding statistics in the behavioral sciences*. USA: Cengage Learning.

Pal, K. (2012). *Educational measurement and evaluation*. Phagwara: Lovely Professional University.

Partnership for 21st century skills. (2010). *21st century knowledge and skills in educator preparation*. Washington, DC.

Passmore, C., Stewart, J., & Cartier, J. (2009). Model-based inquiry and school science: Creating connections. *School Science and Mathematics, 109*(7), 394-402.

Phye, G. D. (1996). *Handbook of classroom assessment: Learning, achievement, and adjustment*. USA: Academic Press.

Promsorn, K. (2019). Effects of the EIMA learning management on scientific explanation ability, reasoning and thinking ability and science learning achievement of grade 9 students. *Journal of Multidisciplinary in Social Sciences, 15*(1), 70-78.

Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-driven inquiry. *The Science Teacher, 76*(8), 42.

Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education, 91*(1), 158-186.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654.

Songer, N. B., & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching, 49*(2), 141-165.

Steffe, L. P., & Gale, J. E. (1995). *Constructivism in education*. New York: Psychology Press.

Tang, K.-S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): An exploratory study to scaffold students in structuring written

explanations. *International Journal of Science Education, 38*(9), 1415-1440.

Taylor, J. M., Davidson, R. M., & Strong, M. (2014). Drug-resistant tuberculosis: A genetic analysis using online bioinformatics tools. *The American Biology Teacher, 76*(6), 386-394.

Thiagarajan, S., Semmel, D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook*. Bloomington: Center for Innovation in Teaching the Handicapped, Indiana University.

Traut, J. (2017). *Forming explanations from evidence using the claim-evidence-reasoning framework.* (Master thesis). Montana State University, Montana.

Wang, C.-Y. (2015). Scaffolding middle school students' construction of scientific explanations: Comparing a cognitive versus a metacognitive evaluation approach. *International Journal of Science Education, 37*(2), 237-271.

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education, 92*(5), 941-967.

Yan, N., & Au, O. T.-S. (2019). Online learning behavior analysis based on machine learning. *Asian Association of Open Universities Journal*, *14*(2), 98-106.

Yang, H. T., & Wang, K. H. (2014). A teaching model for scaffolding 4th grade students' scientific explanation writing. *Research in Science Education, 44*(4), 531-548.

Yao, J. X., & Guo, Y. Y. (2018). Validity evidence for a learning progression of scientific explanation. *Journal of Research in Science Teaching, 55*(2), 299-317.

Yao, J. X., Guo, Y. Y., & Neumann, K. (2016). Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation. *Asia-Pacific science education, 2*(1), 1-17.

Zembal-Saul, C., McNeill, K. L., & Hershberger, K. (2013). *What's your evidence?: Engaging K-5 children in constructing explanations in science*: Pearson Higher Ed.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

1) รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2) ผศ.ดร.เอกภูมิ จันทรขันตี	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3) ผศ.ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

1) ผศ.ดร.ลฎาภา ลดาชาติ	ภาควิชาหลักสูตร การสอน และการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) ผศ.ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3) ผศ.ดร.เมษา นวลศรี	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูถัมภ์

3. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1) รศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2) ผศ.ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3) นางจุลัยพร สังข์แก้ว	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบางบ่อวิทยาคม

4. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1) รศ.ดร.จีระวรรณ เกษสิงห์	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2) ผศ.ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3) อ.ดร.ธนิต ศิริบุญ	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบสัมภาษณ์

1) ผศ.ดร.ลฎาภา ลดาชาติ	ภาควิชาหลักสูตร การสอน และการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2) ผศ.ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
3) ผศ.ดร.เมษา นวลศรี	คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมป์

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รหัสวิชา ว31101 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เวลา 2 คาบเรียน (100 นาที) ผู้สอน นายพิริยะ วรรณไทย

---

1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 1.1 ม.4/4 สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม

2. สาระสำคัญ

ปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นภาวะที่โลกถูกปกคลุมด้วยแก๊สเรือนกระจกในปริมาณมากจนเปรียบเสมือนมีกระจกมาปกคลุมโลกไว้ แก๊สเรือนกระจกเหล่านี้จะดูดซับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ไว้ และแผ่กลับมายังผิวโลกและบรรยากาศด้านล่าง ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

3.1 ด้านความรู้ (K): นักเรียนสามารถ

1) สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับสภาพปัญหาและผลกระทบของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้

2) นำเสนอแนวทางการแก้ไขการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้

3.2 ด้านทักษะ (P): นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษา

3.3 ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A): นักเรียน

1) เข้าเรียนตรงเวลา เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (ใฝ่เรียนรู้)

2) ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นเวลาที่กำหนด (มุ่งมั่นในการทำงาน)

3) ให้ความร่วมมือในการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ร่วมการอภิปรายในทุกประเด็นและร่วมทำกิจกรรมของกลุ่มอย่างเต็มที่ (ทำงานเป็นทีม)

4. สาระการเรียนรู้

4.1 แก๊สเรือนกระจก

1) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

2) แก๊สมีเทน

3) แก๊สไนตรัสออกไซด์

4) แก๊สคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs)

4.2 ผลกระทบโดยตรงของแก๊สเรือนกระจกต่ออุณหภูมิของผิวโลก

4.3 แนวทางบรรเทาผลกระทบจากปรากฏการณ์เรือนกระจก

5. กิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 2 คาบ (100 นาที) โดยในแต่ละคาบมีแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คาบที่ 1 (50 นาที)

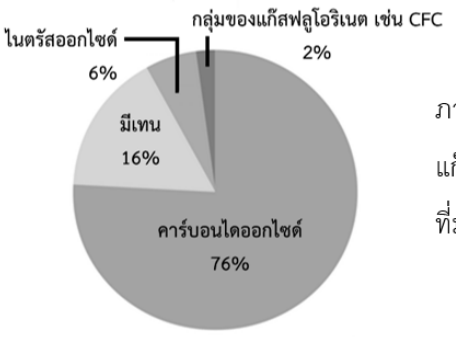
5.1 ขั้นเปิดประเด็นคำถาม (10 นาที)

5.1.1 นักเรียนรับชมวีดิทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก เรื่อง เข้าใจภาวะเรือนกระจกใน 2 นาที จากเว็บไซต์ https://www.youtube.com/watch?v=jUkWypOxKbM แล้วร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก เพื่อสำรวจความเข้าใจเบื้องต้นของนักเรียน

5.1.2 ครูกล่าวว่า “ชั้นบรรยากาศของโลกจะประกอบด้วยโอโซน ไอน้ำ และแก๊สชนิดต่าง ๆ ซึ่งทำหน้าที่กรองรังสีคลื่นสั้นบางชนิดให้ผ่านมายังพื้นผิวโลก รังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบพื้นผิวโลกนี้จะสะท้อนกลับออกนอกชั้นบรรยากาศไป ส่วนหนึ่งที่เหลือจะถูกดูดกลืนด้วยพื้นน้ำ พื้นดิน และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ แล้วจะคายพลังงานออกมาในรูปรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดแผ่กระจายขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ส่วนหนึ่งจะแผ่กระจายออกนอกชั้นบรรยากาศ และอีกส่วนหนึ่งนั้นจะถูกชั้นบรรยากาศดูดกลืนไว้ แต่ในปัจจุบันชั้นบรรยากาศของโลกมีปริมาณแก๊สบางชนิดมากเกินสมดุล ทำให้รังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดกระจายออกนอกชั้นบรรยากาศโลกไปได้ เกิดการสะสมความร้อนอยู่บริเวณพื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น พื้นผิวโลกจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้น เรียกแก๊สที่ทำให้เกิดภาวะแบบนี้ว่า แก๊สเรือนกระจก เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊สที่มีสารประกอบพวกคลอโรฟลูออโรคาร์บอน เป็นต้น”

5.1.3 ครูนำเสนอสถานการณ์ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

อุณหภูมิพื้นผิวโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับอดีต ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่มนุษย์ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากขึ้น ทำให้เกิดชั้นของแก๊สเรือนกระจกที่หนาขึ้น จนโลกไม่สามารถรักษาสมดุลอุณหภูมิไว้ได้ นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาปริมาณแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก พบว่า ปริมาณของแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีสัดส่วน ดังภาพ



ภาพแสดงสัดส่วนของปริมาณแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก
ที่มา: shorturl.at/svTUY

ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์หลายท่านพยายามเสนอมาตรการต่าง ๆ ที่ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลก เพื่อลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เรือนกระจก

นักเรียนคิดว่า ระหว่าง “มาตรการลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ” กับ “มาตรการลดการใช้เครื่องปรับอากาศ” มาตรการใดช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มากกว่ากัน เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น

หมายเหตุ: สถานการณ์คำถามข้างต้น นำไปสู่กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนในประเด็นเกี่ยวกับสภาพปัญหาและสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก ตลอดจนแนวทางในการลดปัญหาที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ตามสาระการเรียนรู้ที่กำหนด

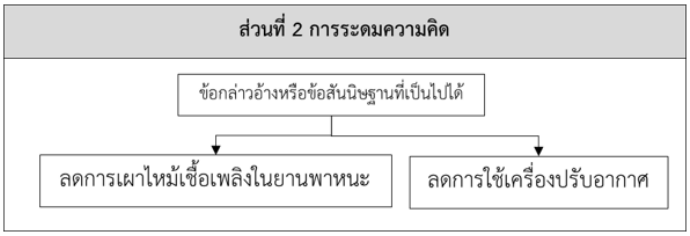
5.1.4 ครูทบทวนเกี่ยวกับองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวว่า “ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้น จะต้องประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งเราจะมาทำกิจกรรมเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ประกอบทั้ง 3 ส่วน แล้วมาร้อยเรียงเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ เพื่อใช้ในการอธิบายสถานการณ์คำถามที่กำหนดให้”

5.2 ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง (5 นาที)

5.2.1 ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนในการทำกิจกรรม กลุ่มละ 3 – 5 คน โดยคละความสามารถของนักเรียน พร้อมแจกใบกิจกรรมที่ 1 สำหรับการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นคำถามจากสถานการณ์ที่เสนอก่อนหน้า

5.2.2 ครูกล่าวว่า “ในขั้นตอนแรก เราทุกคนจะมาช่วยกันระดมความคิดกันภายในกลุ่มก่อนว่าจากสถานการณ์คำถามที่ว่า มาตรการใดบ้าง ที่สามารถลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้” แล้วให้นักเรียนเขียนคำตอบที่เป็นไปได้ลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ส่วนที่ 2 การระดมความคิด) ในลักษณะของแผนผังความคิด (Mind mapping)”

5.2.3 นักเรียนร่วมกันระดมความคิดภายในกลุ่มเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานเกี่ยวกับคำถามที่ครูกำหนดจากสถานการณ์ที่นำเสนอลงในใบกิจกรรม โดยมีแนวทางการเขียนแผนผังความคิดเกี่ยวกับข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้ ดังนี้



5.2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแผนผังความคิดของตนเองให้เพื่อนในห้องรับฟังว่า “มาตรการใดบ้าง ที่สามารถลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้”

5.2.5 ครูกล่าวว่า “ข้อสันนิษฐาน ที่นักเรียนกล่าวมาทั้งหมดนี้ เราเรียกว่า ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นคำตอบของนักเรียนต่อสถานการณ์คำถามที่กำหนด โดยข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นนี้จะถูกต้องหรือไม่ จะต้องพิจารณาองค์ประกอบอื่นที่นักเรียนจะได้ค้นหามาสนับสนุนด้วย โดยเฉพาะองค์ประกอบของหลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งเราจะได้ระบุอีก 2 องค์ประกอบที่เหลือในลำดับถัดไป”

5.3 ขั้นค้นหาหลักฐาน (15 นาที)

5.3.1 ครูกล่าวว่า “ภายหลังจากที่นักเรียนได้ระบุข้อกล่าวอ้างแล้ว สิ่งต่อไปที่นักเรียนต้องทำคือ การค้นหาหลักฐานเพื่อมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยหลักฐานนั้นอาจเป็นแนวคิด ทฤษฎี ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ผลการทดลอง หรืองานวิจัยต่าง ๆ ที่นักเรียนสืบค้นจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อ และเกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถามที่กำหนด” จากนั้นอธิบายกิจกรรมให้นักเรียนในกลุ่มวางแผนและแบ่งหน้าที่ในการสืบค้นหาหลักฐาน แล้วนำหลักฐานที่สืบค้นได้มาแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม

5.3.2 นักเรียนร่วมกันวางแผนและแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่ม เพื่อสืบค้นข้อมูลหลักฐานหรือองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับข้อสันนิษฐานที่สร้างขึ้น

5.3.3 นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มช่วยกันค้นหาหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น โดยการสืบค้นจากแหล่งสืบค้นที่น่าเชื่อถือ โดยครูอาจใช้คำถามเพื่อชี้นำในการค้นหาข้อมูลหลักฐาน ดังนี้

1) จากสถานการณ์ แก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดในภาพ เกิดขึ้นได้อย่างไร

2) จากแผนภาพที่กำหนดให้แก๊สเรือนกระจกชนิดใดมีปริมาณมากที่สุด

3) มาตรการหรือแนวทางใดสามารถลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดได้

หมายเหตุ: คำถามเหล่านี้ช่วยชี้นำให้นักเรียนได้สืบค้นและเรียนรู้เกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแก๊สเรือนกระจกแต่ละชนิดที่ ตลอดจนแนวทางในการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก จนมีองค์ความรู้ที่เพียงพอตามสาระการเรียนรู้ที่กำหนด และใช้องค์ความรู้เหล่านี้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5.3.4 นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มนำเสนอข้อมูลหลักฐานที่ตนเองสืบค้นได้ โดยเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ส่วนที่ 3 หลักฐานประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์) *(หลักฐานสำคัญที่นักเรียนควรสืบค้นได้ คือ แหล่งกำเนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน แก๊สไนตรัสออกไซด์ และแก๊ส CFCs ที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ตลอดจนแนวคิดของมาตรการต่าง ๆ ในการลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจก)*

5.3.5 ครูสุ่มนักเรียนมา 1 - 2 กลุ่ม เพื่อนำเสนอข้อมูลหลักฐานที่สืบค้นได้ให้นักเรียนในห้องฟัง แล้วให้นักเรียนในห้องช่วยกันเสนอหลักฐานเพิ่มเติม และพิจารณาหลักฐานของกลุ่มตัวเองว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับเพื่อนหรือไม่

5.3.6 ครูกล่าวว่า “สิ่งที่นักเรียนสืบค้นได้ เรียกว่า หลักฐาน ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญที่นักเรียนจะต้องใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยหลักฐานบางชิ้นอาจจะสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน หลักฐานบางชิ้นอาจจะขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างของนักเรียน หรือบางชิ้นอาจไม่มีความเกี่ยวข้องใด ๆ กับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นเลย ทั้งนี้เราจะมาพิจารณาหลักฐานแต่ละชิ้นในกิจกรรมลำดับถัดไป”

5.4 ขั้นเขียนแผนภาพ (20 นาที)

5.4.1 ครูกล่าวว่า “หลังจากที่เราได้ระบุข้อกล่าวอ้าง และค้นหาหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์คำถามเพื่อมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วนั้น สิ่งต่อไปคือการพิจารณาหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้ ว่าหลักฐานนั้นสนับสนุน ขัดแย้ง หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งเราจะมาพิจารณาความสัมพันธ์ของหลักฐานและข้อกล่าวอ้างเหล่านี้โดยการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างกัน”

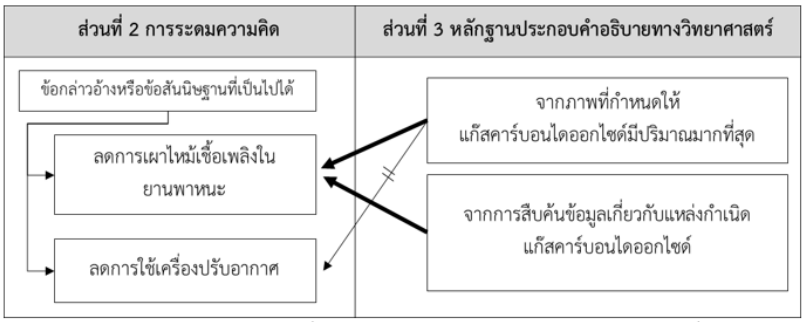
5.4.2 ครูทบทวนวิธีการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น (โดยเขียนตัวอย่างให้ดูหน้าชั้นเรียน) ซึ่งมีการใช้เครื่องหมายลูกศรแสดงความเชื่อมโยงในประเด็นดังนี้

1) ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น

2) ลูกศรมีขีดทับ (⇸) หมายถึง หลักฐานขัดแย้งข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น

3) หากหลักฐานที่นำมาไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างใด ๆ ไม่ต้องทำเครื่องหมายลูกศร

5.4.3 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันอภิปรายความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานที่สืบค้นได้ (จากขั้นค้นหาหลักฐาน) กับข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่สร้างขึ้น (จากขั้นระดมความคิด) ด้วยเครื่องหมายลูกศรเชื่อมโยงข้อมูลในใบกิจกรรมส่วนที่ 2 และ 3 เข้าด้วยกัน โดยมีแนวทางการเขียนแผนภาพ ดังนี้

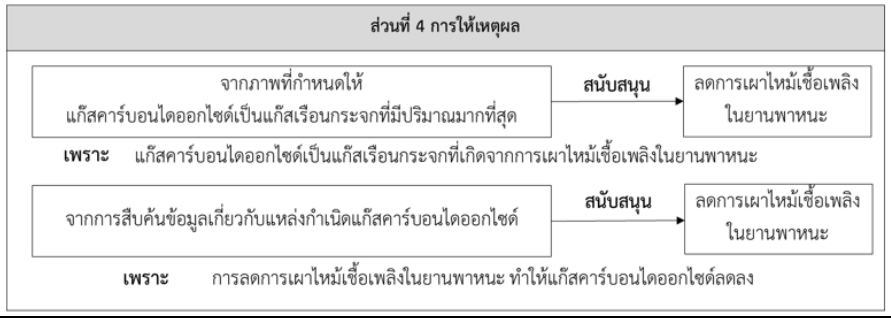


หมายเหตุ: หลักฐานที่นักเรียบสืบค้นได้อาจมีมากกว่าที่แสดงในตัวอย่างการเขียนแผนภาพจะช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาว่าหลักฐานที่นักเรียนนำมานั้น สนับสนุน ขัดแย้ง หรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานใด

5.4.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอการเขียนแผนภาพเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น จากนั้นครูกล่าวเพิ่มเติมว่า “จากแผนภาพที่นักเรียนเขียนขึ้นจะเห็นว่า มีข้อกล่าวอ้างอยู่ 2 ข้อ ที่หลักฐานที่สืบค้นได้บ่งชี้ไปในทิศทางเดียวกัน ข้อกล่าวอ้าง 2 ชิ้นนี้ จึงน่าจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมต่อสถานการณ์คำถามที่กำหนดให้”

5.4.5 ครูกล่าวว่า “เมื่อเรามีข้อกล่าวอ้างและหลักฐานแล้ว องค์ประกอบสุดท้ายของคำอธิบายวิทยาศาสตร์ คือ การให้เหตุผล ซึ่งเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่าหลักฐานที่นักเรียนสืบค้นได้นั้น สนับสนุนข้อกล่างอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้นอย่างไร”

5.4.6 ครูแสดงตัวอย่างการเขียนเหตุผล พร้อมให้นักเรียนได้อภิปรายและเขียนเหตุผลพร้อมกัน ลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ส่วนที่ 4 การให้เหตุผล) โดยมีแนวทางการเขียนเหตุผล ดังนี้



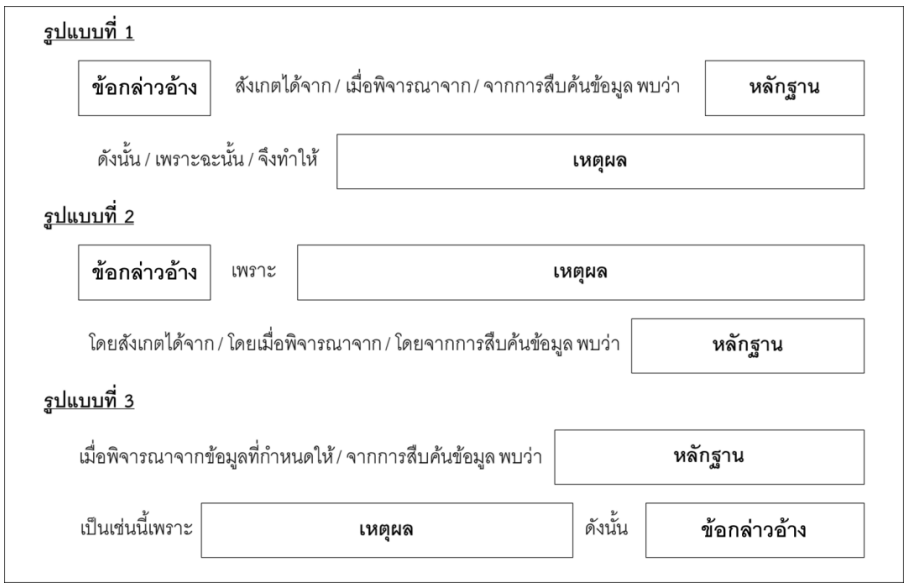
5.4.7 นักเรียนร่วมกันตอบคำถามว่า “จากเหตุผลที่นักเรียนเขียนขึ้น นักเรียนคิดว่า เหตุผลที่เหมาะสมและเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์คือข้อใด” *(แนวคำตอบ: ทั้ง 2 ส่วน คือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และการลดเผาไหม้เชื้อเพลิงจึงทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง)* และจากคำตอบที่นักเรียนกล่าวมาทำให้เราเลือกข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลที่สัมพันธ์กันนี้ มาใช้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คาบที่ 2 (50 นาที)

5.5 ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (20 นาที)

5.5.1 ครูกล่าวว่า “ในคาบที่แล้ว เราได้ระบุข้อกล่าวอ้าง ค้นหาหลักฐาน และเขียนแผนภาพเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานที่สืบค้นได้กับข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้น พร้อมให้เหตุผลประกอบความสัมพันธ์นั้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในคาบนี้เราจะนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาเรียบเรียงเพื่อสร้างเป็นคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์คำถามด้วยกัน”

5.5.2 ครูทบทวนการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งนักเรียนต้องนำองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ได้เขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1 ในขั้นตอนก่อนหน้า มาเขียนเรียบเรียงและใช้คำเชื่อมตามรูปแบบที่ครูนำเสนอ ดังนี้



5.5.3 นักเรียนในกลุ่มร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ลงในใบกิจกรรมที่ 1 (ส่วนที่ 5 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์) เพื่อตอบคำถามในประเด็นที่ครูกำหนดว่า "**นักเรียนคิดว่า ระหว่าง "มาตรการ ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ" กับ "มาตรการลดการใช้เครื่องปรับอากาศ" มาตรการใดช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มากกว่ากัน เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น**" โดยมีแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์:

มาตรการลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ เพราะ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง จึงช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ โดยจากภาพที่กำหนดให้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด และจากการสืบค้นข้อมูล พบว่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีทำให้เกิดการสะสมของพลังงานความร้อนในชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด

ข้อกล่าวอ้าง: ลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับยานพาหนะ

หลักฐาน: จากภาพที่กำหนดให้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุด และจากการสืบค้นข้อมูล พบว่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีทำให้เกิดการสะสมของพลังงานความร้อนในชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด

การให้เหตุผล: การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะทำให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ การลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลง จึงช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้

5.5.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หน้าชั้นเรียน

5.5.5 นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น พร้อมคัดเลือกคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด พร้อมรับฟังของเสนอแนะจากครู

หมายเหตุ: ในกรณีที่นักเรียนมีคำตอบนอกเหนือจากข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง ซึ่งอาจเกิดจากการค้นหาหลักฐานที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ถูกต้องมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ครูควรอธิบายเพิ่มเติมว่าหลักฐานที่ถูกต้องและเหมาะสมมีลักษณะอย่างไร

5.5.6 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามเพื่อสรุปองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยอภิปรายร่วมกันจนได้คำตอบ โดยมีคำถามดังนี้

1) ปรากฏการณ์เรือนกระจกคืออะไร *(แนวคำตอบ: ปรากฏการณ์เรือนกระจกเป็นสภาวะที่ชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจก ที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นผ่านลงมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟราเรดที่แผ่ออกจากพื้นผิวโลกเอาไว้ จากนั้นก็จะคายพลังงานความร้อน ให้กระจายอยู่ภายในชั้นบรรยากาศและพื้นผิวโลก)*

2) ปรากฏการณ์เรือนกระจกเกิดจากสาเหตุใด *(แนวคำตอบ: ปรากฏการณ์เรือนกระจกมีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกที่มากเกินสมดุล เช่น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน แก๊สคลอโรฟลูออโรคาร์บอน และแก๊สไนตรัสออกไซด์ ซึ่งล้วนแล้วแต่เกิดจากการประทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือการใช้อุปกรณ์ทำความเย็น เป็นต้น)*

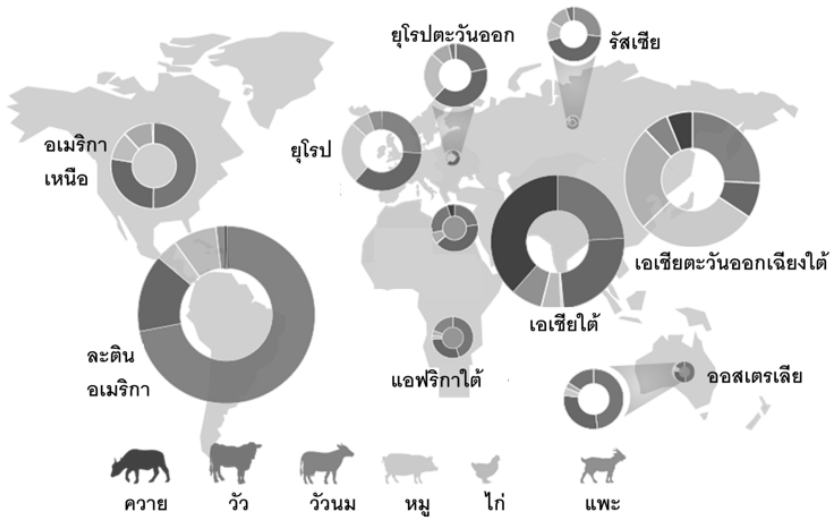
3) ปรากฏการณ์เรือนกระจกส่งผลกระทบอย่างไร *(แนวคำตอบ: ปรากฏการณ์เรือนกระจกส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มอุณหภูมิของพื้นผิวโลก ส่วนในทางอ้อมนั้น แก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นจะทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สอื่น ๆ และเกิดเป็นแก๊สเรือนกระจกชนิดใหม่ขึ้นมา หรือแก๊สเรือนกระจกบางชนิดอาจรวมตัวกับโอโซน ทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดน้อยลง ส่งผลให้รังสีคลื่นสั้นที่ส่องผ่านชั้นโอโซนลงมายังพื้นผิวโลกได้มากขึ้น จนเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลก)*

4) เราสามารถลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้อย่างไร *(แนวคำตอบ: การใช้แก๊สธรรมชาติแทนถ่านหินและน้ำมันในกระบวนการผลิตและการขนส่งต่าง ๆ การใช้แหล่งพลังงานทดแทน การรักษาป่าที่มีอยู่และฟื้นฟูสภาพป่าที่เสื่อมโทรม หลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจกสู่บรรยากาศให้มากที่สุด และการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการคมนาคม ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทดแทนเชื้อเพลิง หรือปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องยนต์)*

5.6 ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่ (30 นาที)

5.6.1 ครูนำเสนอสถานการณ์ใหม่ที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

ในปัจจุบันแต่ละประเทศสนับสนุนให้ลดการทำปศุสัตว์ลง เพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยเฉพาะแก๊สมีเทนมีเกิดจากกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิต จากผลการศึกษาปริมาณแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยออกมาจากการทำปศุสัตว์ในบริเวณต่าง ๆ ทั่วโลก พบว่า ในแต่ละพื้นที่มีสัดส่วนของการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นวัว วัวนม หมู ไก่ แพะ และควาย ดังภาพ



ภาพแสดงปริมาณแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยออกมาจากการสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่

ที่มา: https://news.agu.org/files/2021/05/Regional-methane-emissions.png

นักเรียนคิดว่า การลดการเลี้ยงสัตว์ชนิดใด ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลกได้มากกว่ากัน ระหว่าง 1) วัว 2) หมู หรือ 3) ไก่ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น

หมายเหตุ: สถานการณ์คำถามข้างต้น นักเรียนจะได้นำความรู้เกี่ยวกับสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก แหล่งกำเนิดของแก๊สเรือนกระจก และแนวทางในการลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก มาเป็นองค์ความรู้ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนด

5.6.2 นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ลงในใบกิจกรรมที่ 2 เป็นรายบุคคล จากนั้นนำเสนอคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น และร่วมกันลงข้อสรุป เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยมีแนวทางการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์:

ลดการเลี้ยงวัว เพราะ วัวเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระบวนการหมักภายในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดแก๊สมีเทนในปริมาณที่มากกว่าสัตว์ชนิดอื่น การลดการเลี้ยงวัวจึงช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้มากกว่าที่สุด โดยจากแผนภาพ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ของโลก การเลี้ยงวัวจะปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น และจากการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีเทนส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคี้ยวเอื้องของการเลี้ยงวัวควายและปลดปล่อยออกมาผ่านการเรอ

ข้อกล่าวอ้าง: วัว

หลักฐาน: จากแผนภาพ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ของโลก การเลี้ยงวัวจะปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น และจากการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีเทนส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคี้ยวเอื้องของการเลี้ยงวัวควาย และปลดปล่อยออกมาผ่านการเรอ

การให้เหตุผล: วัวเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระบวนการหมักภายในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดแก๊สมีเทนในปริมาณที่มากกว่าสัตว์ชนิดอื่น การลดการเลี้ยงวัวจึงช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้มากกว่าที่สุด

6. **สื่อการเรียนการสอน**

6.1 หนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

6.2 สื่อประกอบการสอน PowerPoint เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก

6.3 ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง แก๊สเรือนกระจก

6.4 ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง การทำปศุสัตว์กับปรากฏการณ์เรือนกระจก

7. **การวัดผลและประเมินผล**

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือ	วิธีการ	เกณฑ์
1) ด้านความรู้ (K): นักเรียนสามารถ 1) สืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับสภาพปัญหาและผลกระทบของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้ 2) นำเสนอแนวทางการแก้ไขการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติได้	ข้อคำถามตามแผนการจัดการเรียนรู้	สังเกตจากการตอบคำถาม	นักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 60 ของจำนวนข้อคำถามทั้งหมด ตามเกณฑ์ที่สถานศึกษากำหนด
2) ด้านทักษะกระบวนการ (P): นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่ศึกษาได้	แบบประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ตรวจจากใบกิจกรรม	นักเรียนมีความสามารถในการระบุข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลได้อยู่ในระดับปานกลางขึ้นไป

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือ	วิธีการ	เกณฑ์
3) ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A): นักเรียน 1) เข้าเรียนตรงเวลา เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (ใฝ่เรียนรู้) 2) ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นเวลาที่กำหนด (มุ่งมั่นในการทำงาน) 3) ให้ความร่วมมือในการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ร่วมการอภิปรายในทุกประเด็นและร่วมทำกิจกรรมของกลุ่มอย่างเต็มที่ (ทำงานเป็นทีม)	แบบประเมินพฤติกรรม	สังเกตจากพฤติกรรมในชั้นเรียน	นักเรียนมีผลการประเมินแต่ละด้าน อยู่ในระดับดีขึ้นไป

8. บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

8.1 การประเมินด้านความรู้

.....

.....

8.2 การประเมินด้านทักษะกระบวนการ

.....

.....

8.3 การประเมินด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์

.....

.....

8.4 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ พร้อมแนวทางแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้บันทึก

(นายพิริยะ วรรณไทย)

ใบกิจกรรมที่ 1
เรื่อง แก๊สเรือนกระจก

กลุ่ม ..... 1. ..... เลขที่ .....

2. ..... เลขที่ .....

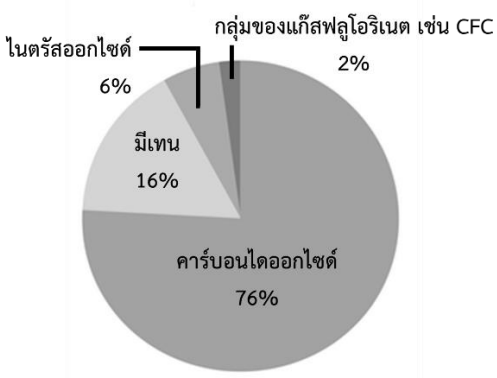
3. ..... เลขที่ .....

4. ..... เลขที่ .....

5. ..... เลขที่ .....

ส่วนที่ 1 สถานการณ์คำถาม

อุณหภูมิพื้นผิวโลกในปัจจุบันมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับอดีต ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่มนุษย์ปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากขึ้น ทำให้เกิดชั้นของแก๊สเรือนกระจกที่หนาขึ้น จนโลกไม่สามารถรักษาสมดุลอุณหภูมิไว้ได้ นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาปริมาณแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก พบว่า ปริมาณของแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีสัดส่วน ดังภาพ



ภาพแสดงสัดส่วนของปริมาณแก๊สเรือนกระจก

ที่มา: shorturl.at/svTUY

ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์หลายท่านพยายามเสนอมาตรการต่าง ๆ ที่ช่วยลดปริมาณการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลก เพื่อลดความรุนแรงของปรากฏการณ์เรือนกระจก

นักเรียนคิดว่า ระหว่าง “มาตรการลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ” กับ “มาตรการลดการใช้เครื่องปรับอากาศ” มาตรการใดช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มากกว่ากัน เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น

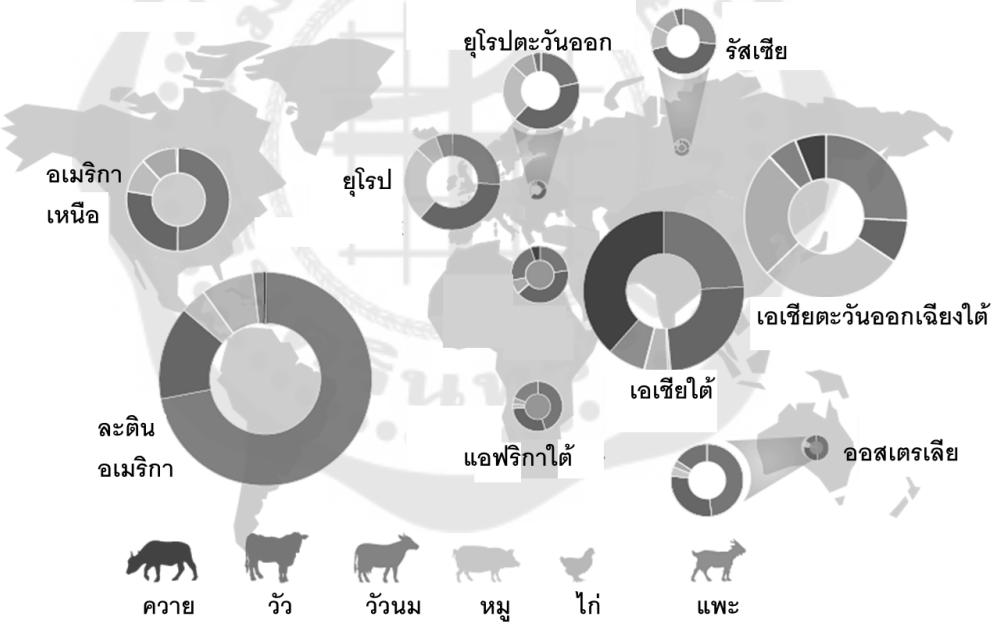
ส่วนที่ 2 ระดมความคิด	ส่วนที่ 3 หลักฐานประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
	คำอธิบายการใช้เครื่องหมายลูกศร ○ ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ○ ลูกศรมีขีดทับ (↛) หมายถึง หลักฐานขัดแย้งข้อกล่าวอ้าง ○ หากหลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ต้องทำเครื่องหมายลูกศร
ส่วนที่ 4 การให้เหตุผล	
ส่วนที่ 5 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	

ใบกิจกรรมที่ 2
เรื่อง การทำปศุสัตว์กับปรากฏการณ์เรือนกระจก

ชื่อ - นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

ส่วนที่ 1 สถานการณ์คำถาม

ในปัจจุบันแต่ละประเทศสนับสนุนให้ลดการทำปศุสัตว์ลง เพื่อลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจก โดยเฉพาะแก๊สมีเทนมีเกิดจากกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหารของสิ่งมีชีวิต จากผลการศึกษาปริมาณแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยออกมาจากการทำปศุสัตว์ในบริเวณต่าง ๆ ทั่วโลก พบว่า ในแต่ละพื้นที่มีสัดส่วนของการปลดปล่อยแก๊สมีเทนของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นวัว วัวนม หมู ไก่ แพะ และควาย ดังภาพ



ภาพแสดงปริมาณแก๊สมีเทนที่ปลดปล่อยออกมาจากการสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่

ที่มา: https://news.agu.org/files/2021/05/Regional-methane-emissions.png

นักเรียนคิดว่า การลดการเลี้ยงสัตว์ชนิดใด ช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศโลกได้มากกว่ากัน ระหว่าง 1) วัว 2) หมู หรือ 3) ไก่ เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น

ส่วนที่ 2 ระดมความคิด	ส่วนที่ 3 หลักฐานประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
	คำอธิบายการใช้เครื่องหมายลูกศร ○ ลูกศรตรง (⟶) หมายถึง หลักฐานสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ○ ลูกศรมีขีดทับ (↛) หมายถึง หลักฐานขัดแย้งข้อกล่าวอ้าง ○ หากหลักฐานไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ต้องทำเครื่องหมายลูกศร
ส่วนที่ 4 การให้เหตุผล	
ส่วนที่ 5 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แนวคำตอบ: ลดการเลี้ยงวัว เพราะ วัวเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระบวนการหมักภายในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดแก๊สมีเทนในปริมาณที่มากกว่าสัตว์ชนิดอื่น การลดการเลี้ยงวัวจึงช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้มากกว่าที่สุด โดยจากแผนภาพ พบว่า ในแต่ละพื้นที่ของโลก การเลี้ยงวัวจะปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น และจากการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ พบว่า แก๊สมีเทนส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคี้ยวเอื้องของการเลี้ยงวัวควายที่ปลดปล่อยออกมาผ่านการเรอและภายลม

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ (คะแนน)		
	ควรปรับปรุง (0)	**ปานกลาง** (1)	**ดี** (2)
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุไม่ถูกต้อง เช่น "ลดการเลี้ยงหมู" หรือ "ลดการเลี้ยงไก่"	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์หรือไม่เชื่อมโยงกับคำถาม เช่น "ลดการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง"	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและสมบูรณ์ คือ "ลดการเลี้ยงวัว"
หลักฐาน	ไม่ระบุหลักฐาน หรือ ระบุหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น ไม่ได้ระบุว่า "การเลี้ยงหมูมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด" หรือ "การเลี้ยงไก่มีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด"	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือมีบางส่วนไม่เหมาะสม เช่น "การเลี้ยงวัวมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลก" โดยไม่ระบุว่ามากที่สุดหรือมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น หรือระบุเพียง "แก๊สมีเทนส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคี้ยวเอื้องของการเลี้ยงวัวควายที่ปลดปล่อยออกมาผ่านการเรอและภายลม"	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง คือ "การเลี้ยงวัวมีการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศโลกมากที่สุด" และ "แก๊สมีเทนส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการเคี้ยวเอื้องของการเลี้ยงวัวควายที่ปลดปล่อยออกมาผ่านการเรอและภายลม"
การให้เหตุผล	ไม่ระบุเหตุผล หรือ ระบุเหตุผลไม่ถูกต้อง เช่น ไม่ได้กล่าวถึง "การลดการเลี้ยงสัตว์จะทำให้แก๊สมีเทนลดลง" หรือ "การลดการเลี้ยงสัตว์ จะทำให้แก๊สมีเทนเพิ่มขึ้น"	ระบุเหตุผลโดยกล่าวซ้ำถึงหลักฐาน หรือระบุเหตุผลที่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ เช่น ระบุเพียงว่า "วัวมีการปลดปล่อยแก๊สมีเทนมากกว่าสัตว์ชนิดอื่น" หรือ "การลดการเลี้ยงวัวจึงช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้มากกว่าที่สุด"	ระบุเหตุผลที่เหมาะสมและสมบูรณ์ คือ "วัวเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระบวนการหมักภายในระบบทางเดินอาหาร ทำให้เกิดแก๊สมีเทนในปริมาณที่มากกว่าสัตว์ชนิดอื่น การลดการเลี้ยงวัวจึงช่วยลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนได้มากกว่าที่สุด"

แบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้ประเมิน .....

ครั้งที่ประเมิน ..... **วันที่ประเมิน** .....

คำชี้แจง: ให้ผู้ประเมินพิจารณาคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละองค์ประกอบจากการการให้คะแนนที่กำหนดให้ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่กำหนด

ที่	ชื่อ - นามสุกล	ข้อกล่าวอ้าง			หลักฐาน			การให้เหตุผล		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ผู้ประเมิน .....

ครั้งที่ประเมิน ..... **วันที่ประเมิน** .....

คำชี้แจง: ให้ผู้ประเมินพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออกในชั้นเรียน

ที่	ชื่อ - นามสกุล	ความใฝ่เรียนรู้				ความมุ่งมั่นในการทำงาน				การทำงานเป็นทีม			
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													

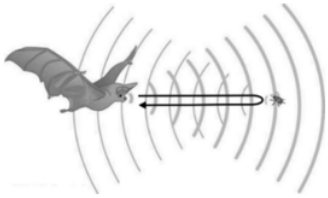
เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็นการประเมิน	ระดับการประเมิน (คะแนน)			
	ไม่ผ่าน (0)	ผ่าน (1)	ดี (2)	ดีเยี่ยม (3)
1. ความใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนไม่ตรงเวลา ไม่เอาใจใส่ในการเรียน และไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา แต่ไม่เอาใจใส่ในการเรียน และไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา เอาใจใส่ในการเรียน แต่ไม่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้	เข้าเรียนตรงเวลา เอาใจใส่ในการเรียน และมีส่วนร่วมในการเรียนรู้
2. ความมุ่งมั่นในการทำงาน	ไม่ตั้งใจปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นเวลาที่กำหนด
3. การทำงานเป็นทีม	ไม่ให้ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม	ให้ความร่วมมือในการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงานน้อย ร่วมการอภิปรายในบางประเด็น และร่วมทำกิจกรรมของกลุ่มในบางกิจกรรมเท่านั้น	ให้ความร่วมมือในการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ร่วมการอภิปรายในบางประเด็น และร่วมทำกิจกรรมของกลุ่มเป็นส่วนใหญ่	ให้ความร่วมมือในการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการทำงาน ร่วมการอภิปรายในทุกประเด็น และร่วมทำกิจกรรมของกลุ่มอย่างเต็มที่

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ให้นักเรียนอ่านข้อมูลเกี่ยวกับ “คลื่นเสียงของค้างคาว” พร้อมตอบคำถามต่อไปนี้

ค้างคาวเป็นสัตว์ที่ออกหากินในเวลากลางคืน แม้ว่าค้างคาวจะมีดวงตาขนาดเล็กมาก แต่ก็สามารถบินไปมาในที่มืดได้เป็นอย่างดี โดยการส่งเสียงร้องในรูปของคลื่นอัลตราโซนิกไปตกกระทบกับสิ่งกีดขวางหรือเหยื่อ



ที่มา: http://animalsfocus.blogspot.com/2013/05/blog-post_8800.html

เมื่อคลื่นเสียงตกกระทบกับเหยื่อแล้ว จะสะท้อนกลับมายังอวัยวะรับคลื่นเสียง แล้วส่งไปแปลผลในสมองเพื่อให้รู้ว่าสิ่งกีดขวางหรือเหยื่อนั้นอยู่ในตำแหน่งใด ซึ่งอัตราเร็วของคลื่นเสียงก็จะแตกต่างกันไปในตัวกลางที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาอัตราเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางต่าง ๆ นักวิทยาศาสตร์พบว่า ขณะที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางแต่ละชนิด จะมีอัตราเร็วที่ไม่เท่ากัน โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดและอุณหภูมิของตัวกลาง ดังตาราง

ชนิดของตัวกลาง	อุณหภูมิของตัวกลาง (°C)	อัตราเร็วเสียง (เมตร/วินาที)
น้ำ	25	1493
น้ำ	15	1437
อากาศ	20	343
อากาศ	0	331

ให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แสดงให้เห็นว่า

“ระหว่างคืนฤดูร้อนกับคืนฤดูหนาว ค้างคาวจะรับรู้ตำแหน่งของเหยื่อในฤดูใดได้เร็วกว่ากัน นักเรียนพิจารณาจากสิ่งใด พร้อมให้เหตุผลประกอบ”

คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คลื่นเสียงของค้างคาว	
แนวคำตอบ	ในฤดูร้อนค้างคาวจะรู้ตำแหน่งเหยื่อได้รวดเร็วกว่า เพราะ คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ในอากาศที่มีอุณหภูมิสูงด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณภูมิต่ำกว่า ซึ่งจากตารางที่กำหนดให้ พบว่า จะเห็นอากาศที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
ข้อกล่าวอ้าง	ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อในฤดูร้อนเร็วกว่าฤดูหนาว
หลักฐาน	พิจารณาจากตารางที่กำหนดให้ พบว่า อากาศที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
การให้เหตุผล	คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ในอากาศที่มีอุณหภูมิสูงด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณภูมิต่ำกว่า

คะแนน	**ตัวอย่างคำตอบ**
ข้อกล่าวอ้าง	
2	ระบุได้ถูกต้องว่า “ฤดูร้อน ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อได้เร็วกว่าฤดูหนาว” ตัวอย่างเช่น – ฤดูร้อน ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อได้เร็วกว่าฤดูหนาว – ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อในฤดูร้อนเร็วกว่าฤดูหนาว – ฤดูร้อน
1	ระบุได้ถูกต้อง แต่เป็นการตอบแบบอ้อม ตัวอย่างเช่น – ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อในฤดูหนาวช้ากว่าฤดูร้อน
0	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ระบุไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น – ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อในฤดูหนาว ได้เร็วกว่าฤดูร้อน – ค้างคาวจะรู้ตำแหน่งของเหยื่อพร้อมกันทั้ง 2 ฤดู
หลักฐาน	
2	แสดงหลักฐานถูกต้องและเปรียบเทียบให้เห็นว่า “อัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศที่มีอุณหภูมิสูง จะมากกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ” ตัวอย่างเช่น – อากาศที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส – เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วในอากาศที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มากกว่าในอากาศที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

คะแนน	ตัวอย่างคำตอบ
หลักฐาน	
1	แสดงหลักฐานอย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการเปรียบเทียบ ตัวอย่างเช่น – อากาศที่มีอุณหภูมิสูง คลื่นเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วมาก – อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ คลื่นเสียงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วน้อย
0	ไม่แสดงหลักฐาน หรือ แสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น – อากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่ช้าลง หรือ แสดงหลักฐานโดยใช้ตัวกลางอื่นที่ไม่ใช่อากาศ
การให้เหตุผล	
2	นำหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สรุปได้จากข้อมูลที่กำหนดมาให้เหตุผลว่า – คลื่นเสียงจะเคลื่อนที่ในอากาศที่มีอุณหภูมิสูงด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณภูมิต่ำกว่า
1	ให้เหตุผลโดยกล่าวถึงหลักฐานซ้ำ ตัวอย่างเช่น – อากาศที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ดังนั้น อากาศที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น เสียงจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากขึ้น
0	ไม่มีการให้เหตุผล หรือ ให้เหตุผลที่มีหลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น – ฤดูร้อนมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าฤดูหนาว เสียงจึงเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่า

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

สาระการเรียนรู้ที่ 1 ไบโอม

1. ข้อใดกล่าวถึงลักษณะเด่นของไบโอมแต่ละประเภทได้ถูกต้อง

1) ไบโอมทรุนดา มีน้ำแข็งปกคลุมตลอดทั้งปี สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ ม้าลาย และสิงโต
2) ไบโอมทะเลทราย มีฝนตกในปริมาณมาก สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ อูฐ และงูหางกระดิ่ง
3) ไบโอมไทกา มีสภาพอากาศหนาวเย็น สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ กระบองเพชร และสน
4) ไบโอมป่าดิบชื้น มีฝนตกในปริมาณมาก สิ่งมีชีวิตที่พบ ได้แก่ ปิรันย่า และอุรังอุตัง

2. ไบโอมน้ำจืด กับ ไบโอมน้ำเค็ม แตกต่างกันอย่างไร

1) ไบโอมน้ำจืด มีจำนวนของสิ่งมีชีวิตมากกว่าน้ำเค็ม
2) ไบโอมน้ำจืด มีจำนวนของสิ่งมีชีวิตน้อยกว่าน้ำเค็ม
3) ไบโอมน้ำจืด มีความเข้มข้นของเกลือในน้ำมากกว่าน้ำเค็ม
4) ไบโอมน้ำจืด มีความเข้มข้นของเกลือในน้ำน้อยกว่าน้ำเค็ม

สาระการเรียนรู้ที่ 3 องค์ประกอบทางชีวภาพของระบบนิเวศ

11. สิ่งมีชีวิตกลุ่มใด มีส่วนช่วยให้เกิดการหมุนเวียนระหว่างสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ในระบบนิเวศ

1) ผู้ผลิต
2) ผู้บริโภคพืช
3) ผู้บริโภคสัตว์
4) ผู้ย่อยสลาย

จงตอบคำถามข้อ 12 – 13 โดยใช้ข้อมูลต่อไปนี้

จากการสำรวจระบบนิเวศแห่งหนึ่ง พบว่ามีกลุ่มของสิ่งมีชีวิต 3 ชนิด ดังนี้

กลุ่มสิ่งมีชีวิต A	มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมีในรูปของอาหาร
กลุ่มสิ่งมีชีวิต B	ต้องการสารอาหารและพลังงานจากการบริโภคสิ่งมีชีวิตอื่น
กลุ่มสิ่งมีชีวิต C	ต้องการสารอาหารและพลังงานจากการบริโภคผู้ผลิต

จากการสำรวจระบบนิเวศแห่งหนึ่ง พบว่ามีกลุ่มของสิ่งมีชีวิต 3 ชนิด ดังนี้

กลุ่มสิ่งมีชีวิต A มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเคมีในรูปของอาหาร

กลุ่มสิ่งมีชีวิต B ต้องการสารอาหารและพลังงานจากการบริโภคสิ่งมีชีวิตอื่น

กลุ่มสิ่งมีชีวิต C ต้องการสารอาหารและพลังงานจากการบริโภคผู้ผลิต

12. นักเรียนคิดว่า สิ่งมีชีวิต A B C คือสิ่งมีชีวิตชนิดใด ตามลำดับ

1) หญ้า วัว เสือ
2) ลิง ปลา สาหร่าย
3) สาหร่าย ปลากัด แมว
4) หญ้า เสือ กวาง

26. เพราะเหตุใด การทิ้งคราบน้ำมันลงในแหล่งน้ำจึงทำให้น้ำเน่าเสีย

1) เพราะ น้ำมันจะบดบังแสงอาทิตย์ที่ส่องลงในน้ำ ทำให้พืชน้ำไม่เจริญเติบโตได้และตายลง
2) เพราะ น้ำมันจะป้องกันไม่ให้แร่ธาตุสำคัญละลายลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายลง
3) เพราะ น้ำมันจะป้องกันไม่ให้ออกซิเจนในอากาศละลายในน้ำ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายลง
4) เพราะ น้ำมันจะป้องกันไม่ให้สัตว์น้ำว่ายขึ้นมาหาอาหารบนผิวน้ำได้ ทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตายลง

27. ข้อใดกล่าวถึงค่า DO หรือ BOD **ไม่ถูกต้อง**

1) ค่า DO บอกปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ
2) ค่า DO ที่สูงขึ้น น้ำจะมีโอกาสเป็นน้ำเสียมากขึ้น
3) ค่า BOD ที่สูงขึ้น น้ำจะมีโอกาสเป็นน้ำเสียมากขึ้น
4) ค่า BOD บอกปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการใช้

ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้
เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์

1) ชื่อ - นามสกุล .....

2) เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

3) ระดับความชอบที่มีต่อรายวิชาวิทยาศาสตร์จากที่ได้เรียนรู้ในช่วงเวลาที่ผ่านมา

☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย ☐ น้อยที่สุด

เหตุผล .....

.....

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

ประเด็นที่ 1 ผลของการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ในแต่ละขั้นตอน ต่อการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นตลอดจนความต้องการปัจจัยสนับสนุนเพิ่มเติม

1. ขั้นเปิดประเด็นคำถาม

ในขั้นเปิดประเด็นคำถามนี้ เป็นขั้นตอนที่ครูนำเข้าบทเรียนด้วยสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เพื่อกระตุ้นความสนใจและสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน จากนั้นจึงให้สถานการณ์คำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เช่น ในกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง ปรากฏการณ์เรือนกระจก ที่ครูให้รับชมวีดิทัศน์เกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก แล้วมีการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก จากนั้นจึงทำการกำหนดสถานการณ์คำถามเพื่อให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ว่า “จากข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และมาตรการต่าง ๆ ที่กำหนดให้ มาตรการใดช่วยลดการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้มากกว่ากัน เพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น และนักเรียนมีข้อมูลหลักฐานใดมาสนับสนุนคำตอบนั้น”

1) นักเรียนคิดว่ากิจกรรมที่ทำในขั้นตอนนี้ ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน หรือการให้เหตุผลหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

2) นักเรียนพบปัญหาหรืออุปสรรคใดบ้างจากการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างกิจกรรมที่พบปัญหา

.....

.....

3) นักเรียนแก้ปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้อย่างไร

.....

.....

4) หากได้เรียนรู้ในขั้นตอนนี้อีกครั้ง นักเรียนคิดว่า สิ่งใดที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนนี้ได้ง่ายขึ้น เพราะเหตุใด

.....

.....

ประเด็นที่ 2 ความพึงพอใจและความคิดเห็นของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

1. กิจกรรมการเรียนรู้ใดบ้าง ที่ช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เรียนได้ดียิ่งขึ้น เพราะเหตุใด ให้ยกตัวอย่างอย่างน้อย 2 กิจกรรม

.....

.....

2. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับใด เพราะเหตุใด

☐ มากที่สุด ☐ มาก ☐ ปานกลาง ☐ น้อย ☐ น้อยที่สุด

เพราะ .....

.....

ภาคผนวก ค
การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

คุณภาพของรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ

ตาราง 21 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ ที่พัฒนาขึ้นกับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐาน และลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้										มากที่สุด
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	3.00	5.00	4.33	มากที่สุด
2. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

ตาราง 21 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
3. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น สอดคล้องกับบทบาทของผู้เรียนและผู้สอนอย่างชัดเจน	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	3.00	5.00	4.33	มาก
4. รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นลำดับ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	5.00	5.00	4.67	มากที่สุด

หมายเหตุ

1. ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ผ่านเกณฑ์)
2. ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.33 – 5.00 (ระดับมาก - มากที่สุด)

คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การประเมินความสอดคล้อง (IOC) ขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้กับประเด็นในการพิจารณาต่าง ๆ

ประเด็นในการประเมินความสอดคล้องกับองค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

ประเด็นที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด

ประเด็นที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 3 สาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับมาตรฐาน ตัวชี้วัด

ประเด็นที่ 4 สาระการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ประเด็นที่ 6 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้

ประเด็นที่ 7 กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 8 สื่อและแหล่งเรียนรู้มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 9 วิธีการวัดผลและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

ตาราง 22 ความสอดคล้องขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้กับประเด็นในการพิจารณา

รายการประเมินความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	เฉลี่ย	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1					
ประเด็นที่ 1	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	0	+1	0.67	ผ่าน

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมินความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	เฉลี่ย	
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2					
ประเด็นที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3					
ประเด็นที่ 1	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4					
ประเด็นที่ 1	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	0	+1	0.67	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมินความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	เฉลี่ย	
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5					
ประเด็นที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6					
ประเด็นที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7					
ประเด็นที่ 1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 3	+1	0	+1	0.67	ผ่าน

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมินความสอดคล้อง	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	เฉลี่ย	
ประเด็นที่ 4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 7	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน
ประเด็นที่ 9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน

2. การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้

ประเด็นในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ มีดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความเหมาะสมของสาระสำคัญ

ประเด็นที่ 2 ความเหมาะสมของจุดประสงค์การเรียนรู้

ประเด็นที่ 3 ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

ประเด็นที่ 4 ความเหมาะสมของวิธีการวัดผลและประเมินผล

ประเด็นที่ 5 ความเหมาะสมของใบกิจกรรม

ประเด็นที่ 6 ความเหมาะสมของความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้ในภาพรวม

ตาราง 23 ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ต่อการนำไปใช้

รายการประเมินความเหมาะสม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1					
ประเด็นที่ 1	5.00	4.00	5.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	3.00	4.00	4.00	มาก
ประเด็นที่ 3					
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมินความเหมาะสม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5					
1) ใบกิจกรรมที่ 1 นกตัวนี้มาจากแหล่งใด	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 ไฟไหม้ป่ากับน้ำแข็งขั้วโลกละลาย	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2					
ประเด็นที่ 1	5.00	4.00	5.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
ประเด็นที่ 3					
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5					
1) ใบกิจกรรมที่ 1 พื้นที่รกร้างทางการเกษตร	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในพื้นที่ป่า	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3					
ประเด็นที่ 1	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3					
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมินความเหมาะสม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5 1) ใบกิจกรรมที่ 1 การลดลงของประชากรปลา	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 การเลือกกินอาหารของนกเหยี่ยว	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ใบกิจกรรมที่ 3 ผลจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4					
ประเด็นที่ 1	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3 1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5 1) ใบกิจกรรมที่ 1 คราบน้ำมันบนผิวน้ำ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 ดินขาดแร่ธาตุจากการปลูกพืช	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5					
ประเด็นที่ 1	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมินความเหมาะสม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
ประเด็นที่ 3	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม					
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5					
1) ใบกิจกรรมที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 แนวทางการบำบัดน้ำเสีย	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6					
ประเด็นที่ 1	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3					
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5					
1) ใบกิจกรรมที่ 1 ดัชนีวัดคุณภาพอากาศ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 มลพิษทางอากาศกับสภาพน้ำเป็นกรด	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการประเมินความเหมาะสม	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่				แปลผล
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7					
ประเด็นที่ 1	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 2	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 3					
1) ขั้นเปิดประเด็นคำถาม	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ขั้นระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้าง	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3) ขั้นค้นหาหลักฐาน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4) ขั้นเขียนแผนภาพ	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5) ขั้นสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
6) ขั้นสร้างคำอธิบายในสถานการณ์ใหม่	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 4	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
ประเด็นที่ 5					
1) ใบกิจกรรมที่ 1 แก๊สเรือนกระจก	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2) ใบกิจกรรมที่ 2 การทำปศุสัตว์กับปรากฏการณ์เรือนกระจก	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ประเด็นที่ 6	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

หมายเหตุ

1. ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ผ่านเกณฑ์)
2. ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.00 – 5.00 (ระดับมาก - มากที่สุด)

คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของข้อคำถาม

ตาราง 24 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
ฉบับที่ 1										
1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
ฉบับที่ 2										
1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
5	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

2. การประเมินความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถาม

ตาราง 25 ความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถามในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	ความยาก	แปลความหมาย	อำนาจจำแนก	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
ฉบับที่ 1					
1	0.47	ปานกลาง	0.93	จำแนกดีมาก	เก็บไว้

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อ	ความยาก	แปลความหมาย	อำนาจจำแนก	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
2	0.38	ค่อนข้างยาก	0.76	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
3	0.38	ค่อนข้างยาก	0.74	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
4	0.33	ค่อนข้างยาก	0.66	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
5	0.41	ปานกลาง	0.82	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
ฉบับที่ 2					
1	0.42	ปานกลาง	0.83	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
2	0.36	ค่อนข้างยาก	0.71	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
3	0.39	ค่อนข้างยาก	0.72	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
4	0.26	ค่อนข้างยาก	0.52	จำแนกดีมาก	เก็บไว้
5	0.44	ปานกลาง	0.88	จำแนกดีมาก	เก็บไว้

3. การประเมินค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดทั้งฉบับและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

1) ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดฉบับที่ 1 ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.70

2) ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดจากแบบวัดฉบับที่ 2 ทั้งฉบับ เท่ากับ 0.73

3) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันของแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ เท่ากับ 0.74 และมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. การประเมินความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน

ตาราง 26 การพิจารณาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินของเกณฑ์การให้คะแนนโดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น

ข้อ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC)		
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล
ฉบับที่ 1			
1	1.00	0.96	0.90
2	1.00	0.70	0.73

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในชั้น (ICC)		
	ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล
3	1.00	0.85	0.81
4	1.00	0.74	1.00
5	1.00	0.10	0.91
ฉบับที่ 2			
1	1.00	0.86	0.70
2	1.00	0.75	0.81
3	1.00	0.70	0.86
4	1.00	0.74	1.00
5	1.00	0.77	0.86

หมายเหตุ

1. ค่า IOC เท่ากับ 1.00 (ผ่านเกณฑ์ทุกข้อคำถาม)

2. ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมเท่ากับ 5.00 (ระดับมากที่สุด)

3. แบบวัดฯ ฉบับที่ 1 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.33 – 0.47 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.66 – 0.93 และมีค่าความเชื่อมั่นจากผลการวัดเท่ากับ 0.70

4. แบบวัดฯ ฉบับที่ 2 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.26 – 0.44 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.52 – 0.88 และมีค่าความเชื่อมั่นจากผลการวัดเท่ากับ 0.73

5. แบบวัดทั้ง 2 ฉบับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันเท่ากับ 0.74

6. เกณฑ์การให้คะแนนมีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน 3 ท่าน อยู่ระหว่างร้อยละ 0.70 – 1.00 ที่ความเชื่อมั่น 95%

คุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1. การประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 27 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
4	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
5	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
6	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	3.00	4.00	4.00	มาก
7	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	2.00	4.00	มาก
8	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
9	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
10	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	4.00	5.00	4.67	มากที่สุด
11	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	3.00	3.00	3.67	มาก
12	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	3.00	5.00	3.00	3.67	มาก
13	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
14	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	3.00	4.00	4.00	มาก
15	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
16	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	4.00	3.00	4.00	3.67	มาก
17	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	4.00	5.00	4.33	มาก
18	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	3.00	5.00	4.33	มาก
19	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	5.00	5.00	4.67	มากที่สุด
20	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	3.00	4.00	3.00	3.33	ปานกลาง
21	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	4.00	5.00	4.67	มากที่สุด

ตาราง 27 (ต่อ)

ข้อ	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
22	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
23	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	3.00	5.00	5.00	4.33	มาก
24	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
25	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
26	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	4.00	4.00	4.33	มาก
27	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
28	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	3.00	4.00	3.67	มากที่สุด
29	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
30	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	4.00	5.00	3.00	4.00	มาก
31	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	5.00	4.00	4.33	มาก
32	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
33	+1	0	+1	0.67	ผ่าน	5.00	3.00	5.00	4.33	มาก
34	0	+1	+1	0.67	ผ่าน	3.00	5.00	4.00	4.00	มาก
35	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
36	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	4.00	4.67	มากที่สุด
37	-1	+1	+1	0.67	ผ่าน	1.00	3.00	4.00	2.67	ปานกลาง
38	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	3.00	4.00	5.00	4.00	ปานกลาง
39	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	5.00	4.00	4.33	มาก

2. การวิเคราะห์ความยาก อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของผลการวัดจากข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 28 ความยากและอำนาจจำแนกของข้อคำถามในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ความยาก	แปลความหมาย	อำนาจจำแนก	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
1	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.51	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
2	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
3	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อ	ความยาก	แปลความหมาย	อำนาจจำแนก	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
4	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
5	0.82	ค่อนข้างง่าย	0.36	จำแนกได้บ้าง	เก็บไว้
6	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.71	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
7	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
8	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
9	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
10	0.54	ปานกลาง	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
11	0.57	ปานกลาง	0.71	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
12	0.54	ปานกลาง	0.93	จำแนกได้ดีมาก	เก็บไว้
13	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
14	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
15	0.57	ปานกลาง	0.71	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
16	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
17	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
18	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
19	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
20	0.93	ง่ายมาก	0.14	จำแนกไม่ได้	ตัดออก
21	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
22	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
23	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
24	0.54	ปานกลาง	0.79	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
25	0.57	ปานกลาง	0.71	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
26	0.61	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
27	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
28	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.36	จำแนกได้บ้าง	เก็บไว้
29	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
30	0.64	ค่อนข้างง่าย	0.71	จำแนกได้ดี	เก็บไว้

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อ	ความยาก	แปลความหมาย	อำนาจจำแนก	แปลความหมาย	ผลการพิจารณา
31	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
32	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.21	จำแนกได้บ้าง	เก็บไว้
33	0.43	ปานกลาง	0.57	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
34	0.75	ค่อนข้างง่าย	0.50	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
35	0.68	ค่อนข้างง่าย	0.64	จำแนกได้ดี	เก็บไว้
36	0.43	ปานกลาง	0.86	จำแนกได้ดีมาก	เก็บไว้
37	0.79	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้
38	0.50	ปานกลาง	0.86	จำแนกได้ดีมาก	เก็บไว้
39	0.71	ค่อนข้างง่าย	0.43	จำแนกได้ปานกลาง	เก็บไว้

ค่าความเชื่อมั่นของผลการวัดทั้งฉบับ เท่ากับ 0.92

3. การประเมินตัวเลือกในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 29 การวิเคราะห์ตัวเลือกในแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
1	ก	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	เก็บไว้
	ข	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	
	ค	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ง*	14	4	0.64	ดี	0.71	ดี	
2	ก	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	เก็บไว้
	ข	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ค	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ง*	14	6	0.71	ดี	0.57	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
3	ก*	14	7	0.75	ดี	0.50	ดี	เก็บไว้
	ข	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
4	ก	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค*	14	6	0.71	ดี	0.57	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
5	ก	0	0	0.00	ไม่ดี	0.00	ไม่ดี	ตัดออก
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ง*	14	9	0.82	ดี	0.36	ดี	
6	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	0	7	0.25	ดี	0.50	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ง*	14	4	0.64	ดี	0.71	ดี	
7	ก*	14	8	0.79	ดี	0.43	ดี	เก็บไว้
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ง	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
8	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	1	5	0.21	ดี	0.29	ดี	
	ค*	13	4	0.61	ดี	0.64	ดี	
	ง	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
9	ก*	14	6	0.71	ดี	0.57	ดี	เก็บไว้
	ข	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ค	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ง	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
10	ก*	11	4	0.54	ดี	0.50	ดี	ตัดออก
	ข	1	4	0.18	ดี	0.21	ดี	
	ค	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	
	ง*	2	1	0.11	ดี	0.07	ดี	
11	ก	1	6	0.25	ดี	0.36	ดี	เก็บไว้
	ข*	13	3	0.57	ดี	0.71	ดี	
	ค	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
12	ก	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	เก็บไว้
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค	0	9	0.32	ดี	0.64	ดี	
	ง*	14	1	0.54	ดี	0.93	ดี	
13	ก	0	6	0.21	ดี	0.43	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ง*	14	5	0.68	ดี	0.64	ดี	
14	ก*	14	5	0.68	ดี	0.64	ดี	ตัดออก
	ข	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ค	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	
	ง	0	0	0.00	ไม่ดี	0.00	ไม่ดี	
15	ก	1	4	0.18	ดี	0.21	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	
	ง*	13	3	0.57	ดี	0.71	ดี	
16	ก	0	6	0.21	ดี	0.43	ดี	เก็บไว้
	ข*	13	4	0.61	ดี	0.64	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ง	1	2	0.11	ดี	0.07	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
17	ก	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ง*	14	7	0.75	ดี	0.50	ดี	
18	ก	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	ตัดออก
	ข	0	0	0.00	ไม่ดี	0.00	ไม่ดี	
	ค*	14	7	0.75	ดี	0.50	ดี	
	ง	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
19	ก*	13	5	0.64	ดี	0.57	ดี	เก็บไว้
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ง	1	5	0.21	ดี	0.29	ดี	
20	ก*	14	12	0.93	ดี	0.14	ดี	ตัดออก
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค	0	0	0.00	ไม่ดี	0.00	ไม่ดี	
	ง	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
21	ก	1	4	0.18	ดี	0.21	ดี	เก็บไว้
	ข	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
	ค*	12	6	0.64	ดี	0.43	ดี	
	ง	1	3	0.14	ดี	0.14	ดี	
22	ก*	14	7	0.75	ดี	0.50	ดี	เก็บไว้
	ข	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ค	0	2	0.07	ไม่ดี	0.14	ดี	
	ง	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	
23	ก*	13	4	0.61	ดี	0.64	ดี	เก็บไว้
	ข	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	
	ค	1	2	0.11	ดี	.07	ดี	
	ง	0	3	0.11	ดี	.21	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
24	ก*	13	2	0.54	ดี	0.79	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค	0	7	0.25	ดี	0.50	ดี	
	ง	1	3	0.14	ดี	0.14	ดี	
25	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ค*	13	3	0.57	ดี	0.71	ดี	
	ง	1	6	0.25	ดี	0.36	ดี	
26	ก	0	5	0.18	ดี	0.36	ดี	เก็บไว้
	ข	0	3	0.11	ดี	0.21	ดี	
	ค*	13	4	0.61	ดี	0.64	ดี	
	ง	1	2	0.11	ดี	0.07	ดี	
27	ก	1	2	0.11	ดี	0.07	ดี	เก็บไว้
	ข*	12	6	0.64	ดี	0.43	ดี	
	ค	1	4	0.18	ดี	0.21	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
28	ก	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	เก็บไว้
	ข	1	2	0.11	ดี	0.07	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ง*	13	8	0.75	ดี	0.36	ดี	
29	ก*	13	5	0.64	ดี	0.57	ดี	เก็บไว้
	ข	0	4	0.14	ดี	0.29	ดี	
	ค	1	3	0.14	ดี	0.14	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
30	ก	0	6	0.21	ดี	0.43	ดี	เก็บไว้
	ข	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	0.14	ดี	
	ง*	14	4	0.64	ดี	0.71	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
31	ก*	0	3	0.11	ดี	-0.21	ดี	ตัดออก
	ข	0	4	0.14	ดี	-0.29	ดี	
	ค	13	6	0.68	ดี	0.50	ดี	
	ง	1	1	0.07	ดี	0.00	ไม่ดี	
32	ก	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	ตัดออก
	ข*	12	9	0.75	ดี	0.21	ดี	
	ค	2	2	0.14	ดี	0.00	ไม่ดี	
	ง	0	1	0.04	ไม่ดี	-0.07	ดี	
33	ก*	10	2	0.43	ดี	0.57	ดี	เก็บไว้
	ข	1	3	0.14	ดี	-0.14	ดี	
	ค	1	6	0.25	ดี	-0.36	ดี	
	ง	2	3	0.18	ดี	-0.07	ดี	
34	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	-0.07	ดี	เก็บไว้
	ข*	14	7	0.75	ดี	0.50	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	
	ง	0	4	0.14	ดี	-0.29	ดี	
35	ก	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	ตัดออก
	ข*	14	5	0.68	ดี	0.64	ดี	
	ค	0	7	0.25	ดี	-0.50	ดี	
	ง	0	0	0.00	ไม่ดี	0.00	ไม่ดี	
36	ก	1	2	0.11	ดี	-0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	0	8	0.29	ดี	-0.57	ดี	
	ค	1	4	0.18	ดี	-0.21	ดี	
	ง*	12	0	0.43	ดี	0.86	ดี	
37	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	-0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	0	3	0.11	ดี	-0.21	ดี	
	ค*	14	8	0.79	ดี	0.43	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อ	ตัวเลือก	ผู้ตอบกลุ่มสูง	ผู้ตอบกลุ่มต่ำ	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	แปลผล	ผลการพิจารณา
38	ก	0	1	0.04	ไม่ดี	-0.07	ดี	เก็บไว้
	ข	1	10	0.39	ดี	-0.64	ดี	
	ค	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	
	ง*	13	1	0.50	ดี	0.86	ดี	
39	ก	1	2	0.11	ดี	-0.07	ดี	เก็บไว้
	ข*	13	7	0.71	ดี	0.43	ดี	
	ค	0	3	0.11	ดี	-0.21	ดี	
	ง	0	2	0.07	ดี	-0.14	ดี	

หมายเหตุ

1. ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ผ่านเกณฑ์ทุกข้อคำถาม)

2. ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 2.67 – 5.00 (ระดับปานกลาง - มากที่สุด)

3. คัดเลือกข้อคำถาม 31 ข้อ จากทั้ง 39 ข้อ เพื่อนำไปใช้จริง

4. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่นำไปใช้จริง มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.79 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.36 - 0.93 และมีความเชื่อมั่นจากผลการวัดทั้งฉบับเท่ากับ 0.90

คุณภาพของแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ เรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

การประเมินความสอดคล้อง (IOC) และความเหมาะสมของข้อคำถาม

ตาราง 30 ความสอดคล้องและความเหมาะสมของข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์

ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ให้สัมภาษณ์										
1.1	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	1.00	3.67	มาก
1.2	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	1.00	3.67	มาก
1.3	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ฯ										
2.1.1	+1	+1	+1	0.67	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.1.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.1.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.1.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.2.1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.2.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.2.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.2.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.3.1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.3.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.3.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.3.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.4.1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.4.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.4.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.4.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.5.1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.5.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

ตาราง 30 (ต่อ)

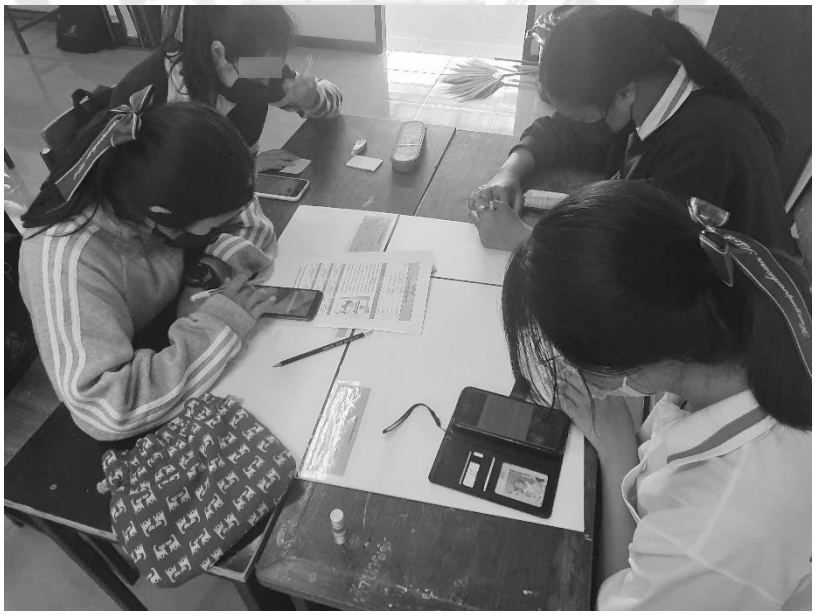
ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง					ความเหมาะสม				
	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	แปลผล
	1	2	3			1	2	3		
2.5.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.5.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.6.1	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	3.00	4.33	มาก
2.6.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.6.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
2.6.4	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด
3.1	+1	+1	0	0.67	ผ่าน	4.00	3.00	3.00	3.33	ปานกลาง
3.2	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	4.00	5.00	5.00	4.67	มากที่สุด
3.3	+1	+1	+1	1.00	ผ่าน	5.00	5.00	5.00	5.00	มากที่สุด

หมายเหตุ

1. ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ผ่านเกณฑ์ทุกข้อคำถาม)
2. ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 3.33 – 5.00 (ระดับปานกลาง - มากที่สุด)

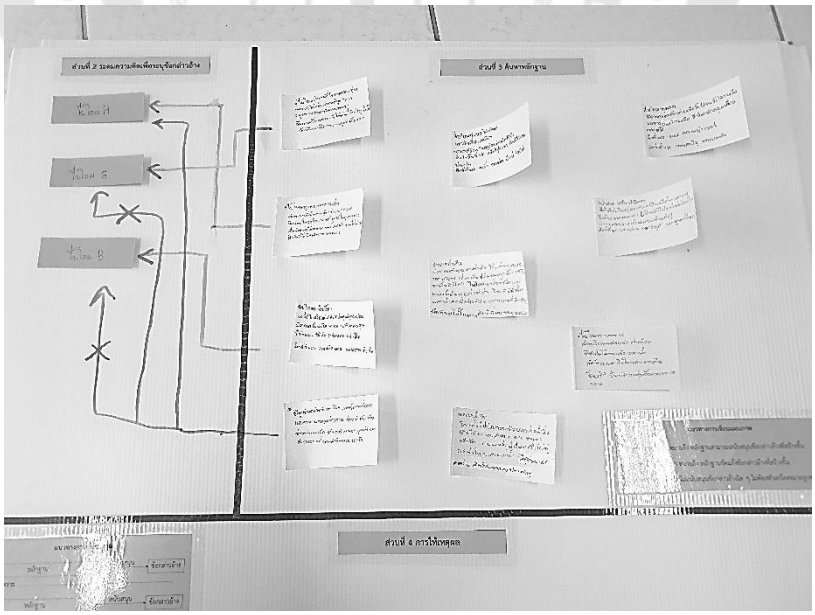
ภาคผนวก ง
ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ภาพประกอบ 34 นักเรียนระดมความคิดเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อสันนิษฐานที่เป็นไปได้จากประเด็นคำถามที่กำหนด



ภาพประกอบ 35 นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

ภาพประกอบ 36 ครูให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือนักเรียนในการสืบค้นอย่างใกล้ชิด

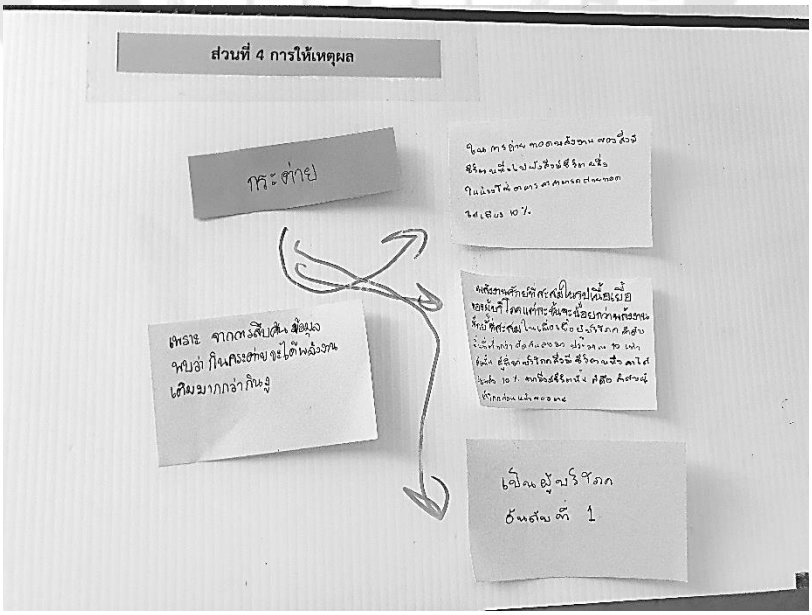


ภาพประกอบ 37 นักเรียนเขียนแผนภาพโดยโยงเส้นเชื่อมโยงหลักฐานที่สนับสนุนหรือขัดแย้งกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น

ภาพประกอบ 38 นักเรียนเขียนหลักฐานที่สืบค้นได้ลงในกระดาษโน้ตก่อนแปะลงในใบกิจกรรม

ภาพประกอบ 39 นักเรียนนำเสนอหลักฐานที่สืบค้นได้

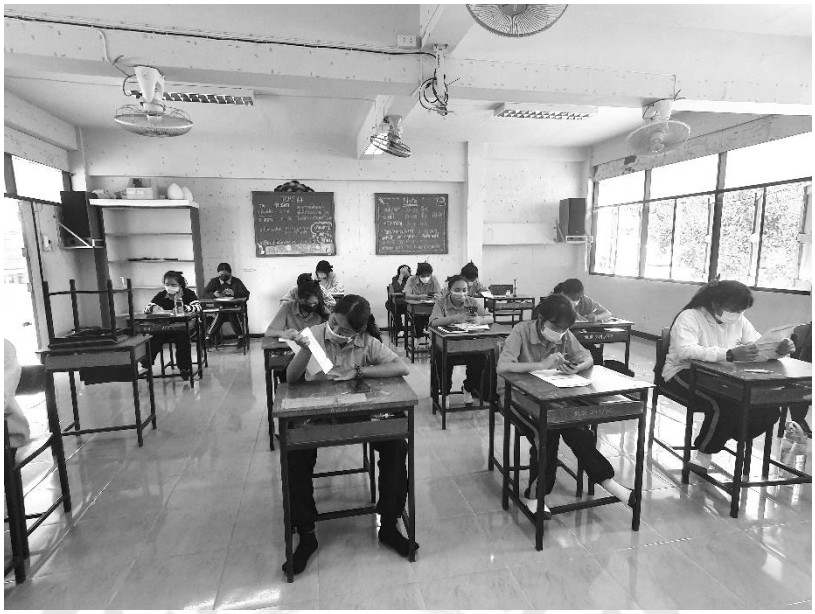
ภาพประกอบ 40 นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในหลักฐานที่สืบค้นได้ภายในกลุ่ม



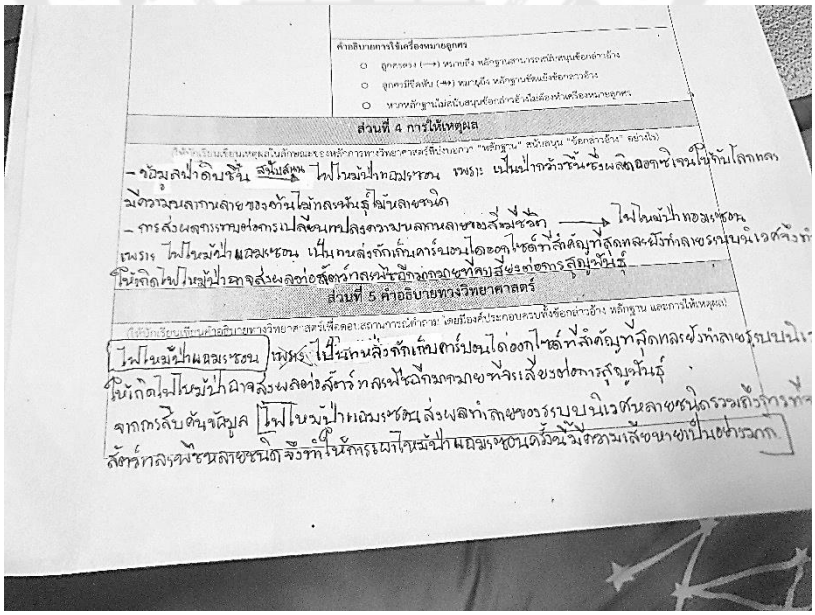
ภาพประกอบ 41 นักเรียนเขียนเหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง

ภาพประกอบ 42 นักเรียนร่วมกันสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นคำถาม

ภาพประกอบ 43 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์



ภาพประกอบ 44 นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นตอนสุดท้าย



ภาพประกอบ 45 ตัวอย่างของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเอง

ภาคผนวก จ
ใบรับรองโครงการวิจัย

MF-04-version-2.0
วันที่ 18 ต.ค. 61

หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยและใบยินยอม
หมายเลขข้อเสนอการวิจัย SWUEC-G- 343/2564E

ข้อเสนอการวิจัยนี้และเอกสารประกอบของข้อเสนอการวิจัยตามรายการแสดงด้านล่าง ได้รับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒแล้ว คณะกรรมการฯ มีความเห็นว่าข้อเสนอการวิจัยที่จะดำเนินการมีความสอดคล้องกับหลักจริยธรรมสากล ตลอดจนกฎหมาย ข้อบังคับและข้อกำหนดภายในประเทศ จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยตามข้อเสนอการวิจัยนี้ได้

ชื่อโครงการวิจัยเรื่อง: การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชื่อผู้วิจัยหลัก: นาย พิริยะ วรรณไทย

สังกัด: คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง:
1. แบบเสนอโครงการวิจัย
2. โครงการวิจัย
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เอกสารที่พิจารณาทบทวน

1. แบบเสนอโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 25 สิงหาคม 2564
2. โครงร่างการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 25 สิงหาคม 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 25 สิงหาคม 2564
4. หนังสือให้ความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 2 วัน/เดือน/ปี 25 สิงหาคม 2564

(ลงชื่อ).....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทันตแพทย์หญิงณปภา เอี่ยมจิรกุล)
กรรมการและเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....
(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/E/G-343/2564
วันที่ให้การรับรอง : 25/08/2564
วันหมดอายุใบรับรอง : 25/08/2565

ที่ อว 8718/

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

17 กันยายน 2564

เรื่อง ขอแจ้งผลการพิจารณาโครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G- 343/2564E

เรียน นาย พิริยะ วรรณไทย

สิ่งที่ส่งมาด้วย ใบรับรองโครงการวิจัย SWUEC/E/G-343/2564

ตามที่ท่านได้ส่งโครงร่างการวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โครงการวิจัยเลขที่ SWUEC-G 343/2564E เพื่อรับการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ นั้น

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยดังกล่าว บัดนี้ คณะกรรมการฯ ให้การรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวแล้วเมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2564 รายละเอียดดังนี้

Certificate Number	SWUEC/E/G-343/2564
Date of Approval	25 สิงหาคม 2564 (อายุใบรับรองโครงการวิจัย 12 เดือน)
Date of Expiration	25 สิงหาคม 2565
Continuing Review	ทุก 12 เดือน (ครบกำหนดส่งรายงานครั้งแรก วันที่ 25 สิงหาคม 2565)

ในการนี้ คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ใคร่ขอความกรุณาให้ผู้วิจัยส่งรายงานความก้าวหน้าของการวิจัยและต่ออายุการรับรองก่อนกำหนดวันหมดอายุ 30 วัน เพื่อให้เป็นไปตามวิธีดำเนินการมาตรฐาน (SOPs version 2.0) ของคณะกรรมการฯ ทั้งนี้รายละเอียดของเอกสารที่ให้การรับรองตามที่ปรากฏใน Certificate of Approval (Certificate Number SWUEC/E/G-343/2564) ที่แนบมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและดำเนินการต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทรศัพท์ 0-2649-5000 ต่อ 12430
โทรสาร 0-2259-1822

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายพิริยะ วรรณไทย
วัน เดือน ปี เกิด	20 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดพิษณุโลก
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	157 หมู่ 2 ตำบลชัยนาม อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65130
ผลงานตีพิมพ์	พิริยะ วรรณไทย และชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2564). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างแบบอัตนัยจำกัดคำตอบและไม่จำกัดคำตอบสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารบัณฑิตวิจัย, 12(2), 103-118.
รางวัลที่ได้รับ	Outstanding Oral Presentation Award การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ “The 8th International Conference for Science Educators and Teachers (ISET 2021)” เมื่อวันที่ 7 – 9 กรกฎาคม 2564 แบบออนไลน์ เรื่อง Learning approaches enhancing students’ ability in constructing scientific explanation: A meta-analysis study