ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายสันติชัย อนุวรชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY INSTRUCTIONAL MODEL ON ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Santichai Anuworrachai

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Education Program in Science Education

Department of Curriculum, Instruction, and Educational Technology

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายสันติชัย อนุวรชัย
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อลิศรา ชูชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริชัย กาญจนวาสี)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อลิศรา ชูชาติ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สันติชัย อนุวรชัย: ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTIONUSING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY INSTRUCTIONAL MODEL ON ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.อลิศรา ชูชาติ, 215 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (2) เปรียบเทียบความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุหลาบวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 33 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .86 แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .95 และแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .93 (2) แบบวัดความมีเหตุผล ประกอบด้วย แบบทดสอบความมีเหตุผลที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .94 และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ .68 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที (t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคะแนน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 คือ กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 21.24 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 21 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี และได้คะแนนเฉลี่ยกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 15.30 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 13 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ครั้ง จากการสังเกตจำนวน 5 ครั้ง

ภาควิชา หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2553

5283443627: MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORDS: INQUIRY INSTRUCTION/ ARGUMENTATION/ ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING / RATIONALITY / UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

SANTICHAI ANUWORRACHAI: EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING THE ARGUMENT-DRIVEN INQUIRY INSTRUCTIONAL MODEL ON SCIENTIFIC ABILITY IN SCIENTIFIC EXPLANATION MAKING AND RATIONALITY OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: ASST. PROF. ALISARA CHUCHAT, Ph.D. 215 pp.

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this study were to (1) study ability in scientific explanation making of an experimental group learned biology through argument-driven inquiry instructional model, (2) compare rationality of students between the experimental group and a control group learned biology through 5E learning cycle model. The samples were 66 mathayomsuksa 4 students of Kularbwittaya school, Bangkok who studied in second semester of academic year 2010 which were divided into two groups evenly. The research instruments were (1) the scientific explanation ability test which were consisted of the scientific explanation making process evaluate form with reliability at .86, the scientific explanation test with reliability at .95, and the scientific explanation evaluate form with reliability at .93 (2) the rationality test which were consisted of the rationality situational test with reliability at .94, and the rationality behavior observational form with reliability at .68. The collected data were analyzed by arithmetic mean, standard deviation, t-test, and ANCOVA.

The research findings were summarized as follows:

1. Regarding to ability in scientific explanation making, it was comprised of score on scientific explanation ability and score on scientific explanation making process. The experimental group had mean score on scientific explanation ability 21.24 which were higher than criterion set and was considered as good. And the mean score on scientific explanation making process was 15.30 which were higher than criterion set and was considered as good as well.

2. The experimental group had mean score on ability in scientific explanation making higher than the control group at .05 level of significance.

3. The experimental group had mean score on rationality test higher than before the experiment and higher than the control group at .05 level of significance. And an observation of rationality behavior between the experiment, it was found that the experimental group had mean score on rationality behavior higher than the control group at .05 level of significance 4 from 5 times of the observation.

Department: Curriculum, instruction, and Educational Technology Student's Signature: Santichai Anuworrachai

Field of Study: Science Education Advisor's Signature:

Academic Year: 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร. อลิศรา ชูชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้อบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. พิมพันธ์ เดชะคุปต์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. พเยาว์ ยินดีสุข กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนกุหลาบวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณอาจารย์กัณฐิมา จินตานนท์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการและอาจารย์ฝ่ายวิชาการของโรงเรียนกุหลาบวิทยาทุกท่านที่ให้ความห่วงใย และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และ 4/2 ปีการศึกษา 2553 ทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณอาจารย์อานนท์ ธิติคุณากร ที่ให้ความช่วยเหลือในการเป็นผู้ร่วมวิจัย ติดต่อและประสานงานตลอดระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ที่เรียนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและให้คำแนะนำกับผู้วิจัยมาตลอด

อนึ่ง ในการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ประจำปีการศึกษา 2552 ตลอดหลักสูตร และได้รับทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญแผนภาพ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 7

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7

สมมติฐานการวิจัย 7

ขอบเขตการวิจัย 9

ข้อตกลงเบื้องต้น 9

นิยามศัพท์ 10

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 13

ความมีเหตุผล 14

ความสำคัญของความมีเหตุผล 14

ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล 16

แนวทางการวัดความมีเหตุผล 18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 22

ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 23

ความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 24

องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 26

แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำเชิงวิทยาศาสตร์ 29

การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 39

ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 39

ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ 41

ประโยชน์ของการโต้แย้งที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 44

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ 45

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน 45

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 55

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 60

ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธี
การโต้แย้ง 61

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธี
การโต้แย้ง 62

เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ
ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 63

บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ
ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 66

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล 71

กรอบแนวคิดในการวิจัย 74

หน้า

บทที่

3 วิธีดำเนินการวิจัย 76

รูปแบบการวิจัย 76

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 77

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 78

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 108

การวิเคราะห์ข้อมูล 109

4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 111

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 111

ผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล 114

5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 123

สรุปผลการวิจัย 123

อภิปรายผลการวิจัย 124

ข้อเสนอแนะ 132

รายการอ้างอิง 134

ภาคผนวก 143

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 143

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 145

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 180

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 202

ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอน
สืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 213

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 215

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 30

2 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 33

3 ตัวอย่างการกำหนดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงานด้วยวิธีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 36

4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่าและเหยื่อ 38

5 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบของ SCIS และรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 56

6 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 58

7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง 69

8 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 กับ 4/2 78

9 ขั้นตอนการเรียนการสอน พฤติกรรมที่ต้องการวัด และรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 80

10 รายการประเมิน นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 81

11 รายการประเมินและหลักฐานที่ใช้ในการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 84

12 หน่วยการเรียนรู้ หัวข้อเรื่องและสาระที่คัดเลือกเพื่อสร้างข้อสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 85

13 รายการประเมิน นิยามและเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 88

14 พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน 93

15 กลุ่มพฤติกรรม และลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต 95

หน้า

ตารางที่

16 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุก่อนเรียนของนักเรียนที่คัดเลือกเป็นตัวแทนในการสังเกตความมีเหตุผลระหว่างทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 98

17 สาระและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา 99

18 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 100

19 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งและรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E 101

20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ 104

21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 33) 112

22 เปรียบเทียบคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 112

23 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 114

24 ค่าเฉลี่ยก่อนขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}$ ') และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง 115

25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 116

26 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 116

27 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 203

28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 204

หน้า

ตารางที่

29 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับข้อคำถามในข้อสอบ 205

30 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 205

31 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 206

32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบจำเพาะกับข้อสอบแต่ละข้อ 206

33 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 208

34 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด 209

35 ค่าที (t) ของแบบทดสอบความมีเหตุผลจำแนกตามสถานการณ์ที่กำหนด 210

36 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต 210

37 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้สังเกตของแบบสังเกตความมีเหตุผล 212

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่

1 รูปวิธานสำหรับการประเมินคุณภาพของมโนทัศน์ในคำอธิบาย 34

2 ตัวอย่างภาระงานที่ต้องการประเมินเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่ากับเหยื่อ 37

3 Zone of Proximal Development..... 53

4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 75

5 รูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design 76

6 แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม 113

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

องค์การส่งเสริมการศึกษาวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติกำหนดเป้าหมายของการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ให้เป็นการศึกษาเพื่อปวงชน (Education for All) ซึ่งเป็นการจัดการศึกษาเพื่อให้เป็นเครื่องมือส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตของคนทุกคน ทุกระดับ ทุกประเภท ทุกสถานะในสังคม ด้วยรูปแบบและวิธีการต่างๆ ทั้งที่เป็นการศึกษาในระบบโรงเรียน นอกระบบโรงเรียนและการศึกษาตามอัธยาศัย ดังปฏิญญาจอมเทียนจากการประชุมระดับโลกว่าด้วยการศึกษาเพื่อปวงชนในปี ค.ศ. 1990 ที่ระบุว่า “ทุกคนจะต้องสามารถเข้าถึงประโยชน์จากการศึกษาที่เป็นพื้นฐานจำเป็นของการเรียนรู้เพื่อใช้พัฒนาคุณภาพชีวิต ตัดสินใจและเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ตลอดชีวิต” (UNESCO, 2000: 1) ปฏิญญาดังกล่าวได้นำมาสู่การกำหนดเป้าหมายของการจัดการศึกษาที่เน้นการพัฒนาความรอบรู้เพื่อปวงชน (Literacy for All) อันเป็นการพัฒนาให้บุคคลสามารถอ่านออก เขียนได้ เป็นผู้มีความรู้และมีความสามารถในการเรียนรู้ (Lind, 2008: 11) โดยความรอบรู้ที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในยุคนี้นำเสนอโดยสมาคมแห่งการเรียนรู้ กระทรวงศึกษาธิการของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ชื่อว่า “The North Central Regional Educational Laboratory: NCREL and The Metiri group” (2003: 15) ผ่านข้อเสนอชื่อว่า “ทักษะสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (The enGauge 21st Century Skills for 21st Century Learners)” โดยกำหนดว่าความรอบรู้สำหรับนักเรียนประกอบด้วยความรอบรู้ 8 ประการ ได้แก่ ความรอบรู้พื้นฐาน คือการใช้ภาษาสื่อสารและคิดคำนวณในระดับที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี ทัศนศิลป์ ข้อมูลสารสนเทศ พหุวัฒนธรรม และความตระหนักต่อสังคม

ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอที่จะตัดสินใจ มีส่วนร่วมในสังคมและการผลิตเชิงเศรษฐกิจ (National Academy of Sciences, 1995 อ้างถึงใน NCREL and Metiri group, 2003: 18) เป็นหนึ่งในความรอบรู้ที่จำเป็นและมีส่วนพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ด้วยเพราะวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจโลก ธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น และนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม และที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถ

ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544: 2) ดังนั้น การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศต่างๆ จึงกำหนดเป้าหมายและดำเนินการปฏิรูปการเรียนรู้เพื่อนำพานักเรียนไปสู่ความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Norris and Phillips, 2003: 224) รวมทั้งพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะเพื่อตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าว

ความสามารถและคุณลักษณะประการหนึ่งที่สะท้อนถึงความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามตัวบ่งชี้ขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ที่มีสมาชิกทั่วโลก 65 ประเทศ คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล ซึ่งองค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจได้นำมาใช้ในการประเมินความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตามโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment: PISA) โดยมีการประเมินสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ด้าน ได้แก่ (1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ ประเมินจากความสามารถในการตั้งคำถามที่สามารถสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ระบุคำสำคัญสำหรับสืบค้นข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ และระบุลักษณะสำคัญของการสำรวจตรวจสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (2) การอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินจากความสามารถในการประยุกต์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์มาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด และความสามารถในการบรรยาย อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ (3) การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินจากความสามารถในการประเมินข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างข้อโต้แย้งและข้อสรุปที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมถึงความสามารถในการเลือกข้อสรุปที่เชื่อมโยงกับหลักฐาน การให้เหตุผลในการสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อสรุป และสามารถนำเสนอความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้อย่างชัดเจนและมีเหตุผล (OECD, 2009: 138)

ผลการประเมินของนักเรียนไทยจากการเข้าร่วมโครงการประเมินตั้งแต่ ค.ศ. 2000 เป็นต้นมา ซึ่งมีการประเมินทุก 3 ปี คือปี ค.ศ. 2000, 2003, 2006 และ 2009 ปรากฏว่านักเรียนไทยได้คะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจที่กำหนดไว้ที่ 500 คะแนน โดยพบว่านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 421, 432, 429, และ 425 ตามลำดับ จัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำและโดยเฉลี่ยอยู่ลำดับที่ 47-49 จาก 65 ประเทศ (สุนีย์ คล้ายนิล และ ปรีชาญ เดชศรี, 2549: 61-79; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 10-12) จากผลการประเมินดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบในพัฒนาและขับเคลื่อนการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีของ

ประเทศไทยให้ความเห็นว่า การที่นักเรียนไทยได้คะแนนต่ำเป็นเพราะความไม่เคยชินกับข้อสอบในลักษณะนี้ กล่าวคือ การเขียนตอบหรือให้คำอธิบาย การตีความ การคิดวิเคราะห์ และการสะท้อนความคิดหรือแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อข้อความที่ได้อ่านหรือข้อมูลที่ให้มา ซึ่งสิ่งเหล่านี้แทบจะไม่ปรากฏในข้อสอบของประเทศไทย และนี่คือประเด็นที่จะต้องรีบดำเนินการปรับปรุง เพื่อให้ประชากรของชาติทัดเทียมและมีสมรรถนะพอที่จะแข่งขันได้ในอนาคต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552: ออนไลน์) ยิ่งไปกว่านั้น ผลการประเมินระดับนานาชาติยังแสดงให้เห็นว่าประเทศไทยยังอยู่ห่างไกลเป้าหมายความเข้มแข็งทางการศึกษาและไม่สามารถเตรียมเยาวชนให้มีศักยภาพในการแข่งขันในอนาคต โดยนักเรียนไทยแสดงออกว่ามีผลการประเมินต่ำทุกวิชาในมาตรวัดนานาชาติ จึงเป็นความจำเป็นของชาติที่จะต้องมีการทบทวนว่าจะทำอย่างไรให้เยาวชนได้รับทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตในอนาคต ประเทศจำเป็นต้องทำงานอย่างหนักเพื่อคงไว้ซึ่งคนที่มีความรู้และทักษะที่โลกยุคใหม่ต้องการ ด้วยการยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของเยาวชนไทย โดยพุ่งเป้าหมายไปที่จุดอ่อนเป็นต้นว่าปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพการเรียนรู้ เช่น บุคลากรครู วัสดุการเรียนการสอน เป็นต้น การแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มอ่อน การมุ่งหาความเป็นเลิศและสร้างนักเรียนที่มีความรู้และทักษะในระดับสูง และการยกระดับมาตรฐานการเรียนการสอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553: 16-18)

นอกจากความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลจะถูกกำหนดให้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการประเมินความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับนานาชาติแล้ว ประเทศสหรัฐอเมริกายังได้นำมากำหนดเป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติ โดยระบุไว้ว่า “คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญเพราะเป็นความสามารถและความเข้าใจพื้นฐานของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนต้องสามารถ (1) ให้ความสำคัญกับหลักฐานเพื่อพัฒนาและประเมินคำอธิบายตามคำถามของการสืบสอบ (2) สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากหลักฐานที่ได้จากการสืบสอบ (3) สร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เหตุผลและหลักฐาน (4) มีความเข้าใจว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เน้นหลักฐานเชิงประจักษ์ และมีการใช้หลักการ รูปแบบและทฤษฎีเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบการอธิบาย” (National Research Council: NRC, 2000: 19-25 อ้างถึงใน Ruiz-Primo et al., 2008: 2) ขณะที่ประเทศไทยก็ได้กำหนดเป้าหมายประการหนึ่งของจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานคือการพัฒนานักเรียนให้มีจิตวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดคุณลักษณะความมีเหตุผลเป็นหนึ่งในคุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยของนักเรียนที่มีจิตวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 14)

ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรส่งเสริมหรือพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และพัฒนาคุณลักษณะความมีเหตุผล ซึ่งจากการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยในต่างประเทศพบว่ากระบวนการหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยโดยมีเป้าหมายเด่นชัดเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และปลูกฝังความมีเหตุผล คือ การโต้แย้ง (Argumentation) เนื่องจากการโต้แย้งได้รับการยอมรับว่าเป็นกระบวนการหลักที่ใช้ในการสร้างความรู้และเป็นการคิดและปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ อีกทั้งสอดคล้องกับการปฏิบัติอันเป็นหลักการสำคัญของการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ การสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ซึ่งหมายถึง กระบวนการสร้างความรู้หรือคำอธิบาย ซึ่งถูกพัฒนาด้วยการให้ความหมายข้อมูลและนำเสนอคำอธิบายที่สร้างนั้นต่อสังคมเพื่อให้มีการวิจารณ์ โต้แย้งและปรับปรุงใหม่ (Sampson and Clark, 2008: 448) สอดคล้องกับทัศนะของ Berland and Reiser (2009: 27) ที่กล่าวว่า “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นความรอบรู้และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญใน 2 ประเด็น คือ (1) นักเรียนควรใช้ข้อมูลและมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิด” ขณะที่สภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐเอมริกา ซึ่งกำหนดมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติ เน้นว่า “นักเรียนทุกคนควรจะได้รับการพัฒนาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์โดยการผสมผสานความรู้ เหตุผลและทักษะการคิด จุดเน้นของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์จึงเปลี่ยนจากการสำรวจและการทดลองมาเป็นการโต้แย้งและการอธิบาย” (NRC, 2000: 2, 113 อ้างถึงใน Zembal-Saul: 2009: 691) จากมาตรฐานดังกล่าว Zembal-Saul (2009: 691) กล่าวสรุปว่า “การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบสอบควรเปลี่ยนแปลงมาสู่การให้ความสำคัญกับหลักฐานและการโต้แย้ง”

อย่างไรก็ตาม การนำการโต้แย้งไปจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นพบว่าสามารถดำเนินการได้ 2 ลักษณะ คือ (1) จัดให้เป็นกิจกรรมส่วนบุคคล (Individual Activity) คือการสร้างข้อโต้แย้งโดยบุคคลเพียงคนเดียว (2) จัดให้เป็นกิจกรรมสังคม (Social Activity) ที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม คือการโต้แย้งร่วมกันของสมาชิกในกลุ่มแล้วสร้างข้อโต้แย้ง (Driver et al., 2000: 291 อ้างถึงใน Sampson and Clark, 2009A: 456) โดยพบว่าการโต้แย้งที่เป็นกิจกรรมส่วนบุคคลนั้นได้รับการทดสอบแล้วว่าเป็นเรื่องยาก เพราะนักเรียนมักประสบปัญหากับการสร้างข้อโต้แย้งโดยลำพัง เนื่องจากนักเรียนต้องนำเสนอ สนับสนุน วิจารณ์และกลั่นกรองความคิดเพื่อสร้างข้อโต้แย้งด้วยตนเอง ดังนั้นนักวิจัยส่วนใหญ่จึงใช้การโต้แย้งที่มีลักษณะเป็นกิจกรรมสังคมที่เกิดขึ้นภายในกลุ่ม เพราะกลุ่มเป็นแหล่งรวมของความรู้ และเป็นการผสมผสานความสามารถที่แตกต่างกันของสมาชิกในกลุ่มมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในงานร่วมกัน (Sampson and Clark, 2009A: 449) ยิ่งไปกว่านั้น นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ยังได้มีการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อให้

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่มีการโต้แย้งนั้นมีความชัดเจนมากขึ้น โดยคณะผู้วิจัยของประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Instructional Model) ซึ่งเป็นการนำการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อน บูรณาการร่วมกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Walker et al., 2010: 1-20) โดยมีเป้าหมายของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้เพื่อสร้างประสบการณ์ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเสมือนจริง พัฒนาความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ จิตตนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์ วิธีการให้หลักฐานกับคำอธิบาย และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพิจารณาทางเลือก (Sampson et al, 2009: 47)

Sampson et al. (2009: 43; 2010: 4) นำเสนอขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การระบุภาระงาน (Identification of the Task) คือ การนำเข้าสู่การระบุภาระงานด้วยการสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา (2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and Analysis of Data) คือ การทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็กเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ (3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a Tentative Argument) คือ การสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล เพื่อใช้สำหรับกิจกรรมการโต้แย้ง (4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation Session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบและมีการโต้แย้งระหว่างกัน (5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up Investigation Report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล (6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Peer Review) คือ การตรวจสอบรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยเพื่อนด้วยวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ และ (7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the Report) คือ การแก้ไข ปรับปรุงรายงานตามคำแนะนำของเพื่อน

การนำรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนจึงอาจช่วยแก้ปัญหาและเป็นการตอกย้ำความสำคัญของความสามารถและคุณลักษณะดังกล่าว เพราะรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวมีแนวการสอนแบบสืบสอบ และสร้างบริบทในการโต้แย้งให้กับนักเรียน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสม (Sampson and Clack, 2009B: online) เพราะการสร้างคำอธิบายและการโต้แย้งนั้นเป็นการปฏิบัติในแนวทางเดียวกันส่งเสริมซึ่งกันและกัน ด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ ประการแรก คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นผลที่เกิดจาก

การโต้แย้งด้วยความพยายามนำเสนอคำอธิบายของตนเองเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ ประการที่สอง การโต้แย้งได้สร้างบริบทให้ผู้โต้แย้งนั้นสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีน้ำหนักและเป็นที่ยอมรับของสังคม (Berland and Reiser, 2009: 28) เช่นเดียวกับ Beyer and Davis (2008: 383) ที่กล่าวว่า “การกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นต้องกระตุ้นให้นักเรียนปฏิบัติเช่นเดียวกันกับการปฏิบัติอันเป็นหลักของสังคมวิทยาศาสตร์” ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันว่าการโต้แย้งและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการปฏิบัติอันเป็นหลักของสังคมวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2006: 3) เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์ต้องสร้างคำอธิบายในปรากฏการณ์ที่ศึกษาแล้วโต้แย้งเพื่อเลือกยอมรับคำอธิบายที่น่าเชื่อถือมากที่สุดด้วยพื้นฐานของการใช้หลักฐานและเหตุผล นอกจากนี้ การโต้แย้งเป็นกลวิธีที่ทำให้การอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นแม่นยำขึ้น (Bazerman,1998 อ้างถึงใน Sandoval and Millwood, 2005: 25) ขณะที่ความมีเหตุผลถือเป็นคุณลักษณะสำคัญสำหรับผู้ที่จะเข้าร่วมโต้แย้ง เพราะการโต้แย้งเพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธทัศนะนั้น ผู้โต้แย้งจะต้องให้เหตุผลประกอบการแสดงทัศนะเสมอ เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือของการสนับสนุนหรือปฏิเสธ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Walker et al. (2010: 1-20) ที่ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวที่มีต่อความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ผลการวิจัยสรุปว่า นักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้ง การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ความมีเหตุผล รวมถึงเป้าหมายและประโยชน์ของรูปแบบการเรียนการสอนร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวกับนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E โดยคาดหวังว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่ได้รวมเอากิจกรรมสองกิจกรรมอันเป็นแก่นของสังคมวิทยาศาสตร์ คือ การโต้แย้งและการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จะช่วยพัฒนานักเรียนให้ได้คิด ปฏิบัติและแสดงคุณลักษณะความมีเหตุผลเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนสำหรับครูเพื่อใช้ในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน ซึ่งมีส่วนส่งเสริมความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นเป้าหมายสูงสุดของการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งของสังคมไทยและสังคมโลก

คำถามการวิจัย

นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร และเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E นักเรียนจะมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และคุณลักษณะความมีเหตุผลแตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E
3. เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง
4. เพื่อเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับกลุ่มที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปว่ารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งซึ่งใช้แนวการจัดการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนได้ ดังผลการวิจัยของ Walker et al. (2010: 1-20) ซึ่งได้ศึกษาผลของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อมโนทัศน์เคมี ความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผล และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับอุดมศึกษา ผลการวิจัยสรุปว่า (1) นักศึกษากลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เคมีไม่แตกต่างกับนักศึกษาที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักศึกษากลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ

(3) นักศึกษาหญิงกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาหญิงที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่ Sampson et al. (2010: 2) ศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวที่มีต่อความสามารถในการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปว่า (1) คะแนนของรายงานปฏิบัติการเคมีหลังจากเรียนครั้งสุดท้ายสูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียนจำนวน 5 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (2) รายงานที่มีการปรับปรุงแล้วครั้งสุดท้ายมีคะแนนสูงว่าคะแนนเฉลี่ยของรายงานที่มีการปรับปรุงแล้วจำนวน 4 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 (3) คะแนนรายงานของนักศึกษามีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนครั้งของการแก้ไขรายงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

นอกจากนี้ รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าว ซึ่งใช้การโต้แย้งเป็นกลวิธีหลักในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ดังเช่นผลการวิจัยของ Niaz et al. (2002: 505) ที่พบว่านักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนเคมีโดยใช้โต้แย้งร่วมกันในชั้นเรียนมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องโครงสร้างของอะตอมสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ Sandoval and Millwood (2005: 23-55) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของการเรียนด้วยวิธีสืบสอบร่วมกับโปรแกรมการสร้างคำอธิบาย ผลวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์ที่ปรากฏในคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ ผลการวิจัยของ Sampson and Clark (2009A: 448) สรุปว่านักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มมีความเชี่ยวชาญและความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ดีกว่านักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยว

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งจะมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนการสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งจะมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนชีววิทยา ได้แก่

2.1.1 การเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

2.1.2 การเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความมีเหตุผล

2.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

2.3.1 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้ในการเรียนการสอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือ (1) ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารเพื่อให้ได้พลังงาน ประกอบด้วย ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (2) การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ประกอบด้วย ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบไหลเวียนเลือดและระบบภูมิคุ้มกัน

2.3.2 ผู้สอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.3 ระยะเวลาที่สอน โดยมีจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

ถึงแม้จะเรียนในช่วงเวลาที่ต่างกัน การเรียนการสอนทั้ง 2 แบบ คือ (1) การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และ (2) การเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ถือว่าไม่มีผลต่อคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิยามศัพท์

1. **คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง ข้อความหรือประโยคที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งเกี่ยวข้องกับบริบทในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา และ (3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. **การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาแบบสืบสอบร่วมกับการใช้กลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การระบุภาระงาน (Identification of the Task) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานของเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนศึกษา โดยมีการสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษาก่อนที่จะมีการระบุภาระงาน

(2) การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and Analysis of Data) คือ การทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็กเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ

(3) การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a Tentative Argument) คือ การให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งสำหรับใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง ซึ่งเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล

(4) กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation Session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยมีขั้นตอนการโต้แย้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ครูกำหนดประเด็นในการโต้แย้ง (2) ครูนิยามคำสำคัญในประเด็นการโต้แย้ง (3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอคำข้อโต้แย้งของตนเอง และ (4) นักเรียนแสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อการนำเสนอของกลุ่มอื่นพร้อมให้เหตุผลประกอบ

(5) การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up Investigation Report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล

(6) การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Peer Review) คือ การให้นักเรียนตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน โดยใช้เกณฑ์การตรวจสอบและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ

(7) การปรับปรุงรายงาน (Revision of the Report) คือ การแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

3. **การเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การสร้างความสนใจ (Engagement) คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา

(2) การสำรวจและค้นหา (Exploration) คือ การตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา ออกแบบ วางแผนการรวบรวมข้อมูล ปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

(3) การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) คือ การวิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่การสรุปผล

(4) การขยายความรู้ (Elaboration) คือ การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่

(5) การประเมินผล (Evaluation) คือ การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงด้วยกระบวนการประเมินที่หลากหลาย

4. **ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเขียนอธิบายผลของปรากฏการณ์ที่ศึกษา ด้วยการระบุข้อกล่าวอ้างและหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา แล้วเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานด้วยการให้เหตุผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์วัดจาก 2 ส่วน คือ (1) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์วัดได้จากแบบทดสอบการสร้างและแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (2) กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วัดได้จากหลักฐานที่แสดงถึงร่องรอยพฤติกรรมของนักเรียนที่เก็บรวบรวมได้ระหว่างเรียน ซึ่งแบบวัดทั้ง 2 ส่วน ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดเรื่องการประเมินการปฏิบัติงานของ Nitko and Brookhart (2007) และการประเมินการทำภาระงานเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill and Krajcik (2008A)

5. **ความมีเหตุผล** หมายถึง คุณลักษณะของนักเรียนที่แสดงถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ได้แก่ (1) เชื่อในความสำคัญและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล (2) เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมสาเหตุและสามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (3) ยอมรับในความคิดเห็นที่มีหลักฐานสนับสนุนอย่างเพียงพอ (4) แสวงหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

(5) แสวงหาหลักฐานเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย (6) แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ และ (7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้ โดยความมีเหตุผลวัดจากเครื่องมือ 2 ฉบับ คือ (1) แบบทดสอบความมีเหตุผล ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้ แนวคิดการทดสอบทางจิตพิสัยด้วยสถานการณ์ของ Haney (1969) และโชติ เพชรชื่น (2526) (2) แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยใช้แนวคิดการประเมินจิตวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) และแนวทางการประเมินจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ของธงชัย ชิวปรีชา (2537)

6. **นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลการการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวกับความมีเหตุผล ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ และนำผลการศึกษามากำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยรายละเอียดผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ นำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

1. ความมีเหตุผล
   - 1.1 ความสำคัญของความมีเหตุผล
   - 1.2 ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล
   - 1.3 แนวทางการวัดความมีเหตุผล

2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   - 2.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   - 2.2 ความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   - 2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
   - 2.4 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
   - 3.2 ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์
   - 3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ

   4.1 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน

   4.2 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

   4.3 รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

      4.3.1 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง

      4.3.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง

      4.3.3 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง

      4.3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. **ความมีเหตุผล**

การศึกษาเกี่ยวกับความมีเหตุผล มีประเด็นที่นำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ความสำคัญของความมีเหตุผล (2) ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล และ (3) แนวทางการวัดความมีเหตุผล แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 **ความสำคัญของความมีเหตุผล**

ในสภาพสังคมปัจจุบันที่เจริญไปด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คุณลักษณะพื้นฐานในการดำรงชีวิตของบุคคลประการหนึ่งคือความมีเหตุผล เพราะบุคคลในสังคมต้องมีเหตุผล รู้จักคิด รู้จักเชื่ออย่างมีเหตุผล ใช้วิจารณญาณในการตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีหรือวิธีการต่างๆ ให้ถูกต้องและเหมาะสม

เพื่อให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานที่เพียงพอต่อการนำไปปรับปรุงการดำรงชีวิตทั้งส่วนตนและครอบครัว (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525: 2) นอกจากนี้ บุคคลที่เป็นผู้มีเหตุผลยังทำให้มีบุคลิกภาพที่โดดเด่น เพราะผู้มีเหตุผลย่อมเข้าใจอะไรได้ง่าย รู้จักคิดเป็น มีความยั้งคิด ไม่เอาแต่อารมณ์ รู้จักใช้ปัญญาไตร่ตรองก่อนทำก่อนพูด ก่อนคิดเสมอ ผู้มีเหตุผลดีสามารถปกครองสังคมได้ด้วยดี และทำนองเดียวกัน ย่อมจะง่ายต่อการปกครองด้วย ย่อมเป็นคนพร้อมเสมอ เพราะพิจารณาด้วยปัญญาแล้วว่าสังคมนั้นมีเพื่อบุคคลและบุคคลมีเพื่อสังคม (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2553: ออนไลน์)

ความสำคัญของความมีเหตุผลดังกล่าวจึงถูกถ่ายทอดมาสู่การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคคลให้เป็นผู้มีเหตุผล โดยเฉพาะการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะประการหนึ่งของจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific Mind) ซึ่งหมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกซึ่งความมีคุณสมบัติของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ อันเป็นลักษณะที่ช่วยเอื้อให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้าหาความรู้ใหม่ แก้ปัญหา หาแนวทางแก้ปัญหา (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548: 13) และความมีเหตุผลถือเป็นคุณลักษณะที่โดดเด่นของนักวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแสดงออกหรือมีพฤติกรรมแบบวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกำหนดแนวทางพฤติกรรมแบบนักวิทยาศาสตร์ (Haney, 1969: 33-35) เพราะนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ สามารถอธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล แสวงความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น (ภพ เลาหไพบูลย์, 2537: 12) ดังตัวอย่างเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับความมีเหตุผล อาทิ มาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ที่เน้นความสำคัญของความมีเหตุผล โดยเฉพาะการเน้นให้เห็นว่าความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะที่เอื้อต่อความสำเร็จของการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ ดังใจความตอนหนึ่งที่ปรากฏในเอกสารของสภาการวิจัยแห่งชาติ (National Research Council: NRC, 1996) ซึ่งระบุว่า “วิทยาศาสตร์คือความพยายามของมนุษย์และการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมนุษย์ ได้แก่ ความมีเหตุผล ความรู้แบบลุ่มลึก ความมีพลัง ทักษะและเจตคติ” (NRC, 1996: 170 อ้างถึงใน Volkmann and Eichinger, 2010: online)

ขณะที่หลักสูตรการศึกษาของประเทศไทยก็ได้สะท้อนให้เห็นว่ามีเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีคุณลักษณะความมีเหตุผล อาทิ การกำหนดตัวชี้วัดของมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เช่น ตัวชี้วัดช่วงชั้น ม. 4-6 ข้อที่ 11 ระบุว่า “บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่าง

ระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่" (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 147) รวมถึงการกำหนดคุณภาพของนักเรียนเมื่อจบการศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น คุณภาพของนักเรียนเมื่อจบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประการหนึ่งระบุว่า "แสดงความเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและมีเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม" (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 9)

จากความสำคัญของความมีเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทุกระดับควรพัฒนาและปลูกฝังความมีเหตุผลให้กับนักเรียน เพื่อตอบสนองต่อเป้าหมาย มาตรฐาน หลักสูตร ตัวชี้วัดและคุณภาพของนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ และเตรียมบุคคลให้เป็นผู้มีเหตุผล อันเป็นคุณลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมปัจจุบันที่เจริญด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.2 **ลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล**

ความมีเหตุผลจัดเป็นคุณลักษณะที่อยู่ภายในบุคคล การระบุว่าบุคคลใดเป็นผู้มีเหตุผลหรือไม่จึงต้องสังเกตจากลักษณะสำคัญที่แสดงถึงความมีเหตุผล โดยจากการสืบค้นตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องสรุปว่ามีหน่วยงานและนักวิชาการได้ระบุลักษณะสำคัญของความมีเหตุผล ดังนี้

Billeh and Zakhariades (1975: 155-156) ได้สรุปลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

(1) เชื่อในคุณค่าของเหตุผล

(2) มีแนวโน้มที่จะทดสอบความเชื่อเก่าๆ

(3) แสวงหาเหตุผลของปรากฏการณ์ธรรมชาติและความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้น

(4) ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล

(5) ท้าทายให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 55-57) ได้สรุปลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ดังนี้

(1) เชื่อในความสำคัญของเหตุผล

(2) ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนายหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

(3) แสวงหาสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น

(4) ต้องการรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเป็นอย่างไร และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 26-27) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ว่า “ความมีเหตุผลจะเป็นตัวกำหนดแนวทางของพฤติกรรมของบุคคล นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นคนที่มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ หาหลักฐานจากการสังเกตและการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย มีหลักฐานและข้อมูลเพียงพอก่อนที่จะสรุปผล เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลและพร้อมที่จะให้ผู้อื่นตรวจสอบผลงานของตน”

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 12-13) กล่าวถึงลักษณะสำคัญของความมีเหตุผลไว้ว่า “นักวิทยาศาสตร์ต้องเป็นผู้มีเหตุผล ยอมรับในคำอธิบาย เมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุมีผล หาความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกิดขึ้น ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ แสวงหาหลักฐานและข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลอง เพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย มีหลักฐานข้อมูลอย่างเพียงพอเสมอก่อนจะสรุปผล เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลยินดีให้มีการพิสูจน์ตามเหตุผลและข้อเท็จจริง”

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546: 134) ได้กำหนดให้ความมีเหตุผลเป็นหนึ่งในคุณลักษณะสำคัญของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยระบุลักษณะสำคัญไว้ดังนี้

(1) ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ

(2) เห็นคุณค่าของการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ

(3) พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้

(4) อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล

(5) หาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

(6) ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

(7) เสาะแสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

(8) รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข (2548: 13-14) กล่าวถึงลักษณะของความมีเหตุผล ซึ่งเป็นหนึ่งในคุณลักษณะที่แสดงถึงความเป็นผู้มีจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) เชื่อในความสำคัญของเหตุผล

(2) ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ ที่ไม่สามารถอธิยายได้ตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์

(3) แสวงหาสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุนั้นกับผลที่เกิดขึ้น

(4) ต้องการที่จะรู้ว่าปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเป็นอย่างไร และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

โดยสรุป ความมีเหตุผล มีลักษณะสำคัญ ดังนี้

(1) เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล

(2) เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

(3) ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ

(4) แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

(5) แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย

(6) แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ

(7) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

1.3 แนวทางการวัดความมีเหตุผล

ความมีเหตุผลเป็นคุณลักษณะหนึ่งของจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 59) ในการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดความมีเหตุผลจึงเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปมีแนวทางการวัดความมีเหตุผล 4 วิธี ได้แก่ (1) การใช้เทคนิคการฉายภาพ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537; วินัย รังสินันท์, 2550) (2) การทดสอบด้วยสถานการณ์ (Anatasi, 1968; ธงชัย ชิวปรีชา, 2537) (3) การสังเกตพฤติกรรม (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537;

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) (4) การสอบถามและสัมภาษณ์ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537) แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 **การใช้เทคนิคการฉายภาพ**

เทคนิคการฉายภาพ (วินัย รังสินันท์, 2550: 555) หรือโปรเจคทีปเทคนิค (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 58-59) ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Projective Technique” เป็นการวัดจิตพิสัยทางอ้อมที่มีสิ่งเร้ากระตุ้นให้ผู้ตอบสะท้อนความรู้สึกนึกคิดของตนเองออกมา วิธีการวัดด้วยเทคนิคการฉายภาพนี้เป็นวิธีการที่ใช้ง่ายและใช้วัดได้หลายคนในคราวเดียวกัน แต่มีข้อจำกัดในเรื่องความน่าเชื่อถือของข้อมูล กล่าวคือผู้ตอบอาจตอบไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง นอกจากนี้การตีความหมายจากคำบรรยายหรือคำตอบที่ได้อาจคลาดเคลื่อน ถ้าผู้วัดไม่มีความสามารถและประสบการณ์ในการตีความหมายข้อมูลดังกล่าว

ตัวอย่างแบบวัดที่นิยมใช้ เช่น (1) แบบสร้างเรื่อง เป็นการให้ผู้ตอบสร้างเรื่องราวหรือผูกเรื่องจากสิ่งเร้าที่เป็นแบบใหม่ขึ้นมา โดยมีความเชื่อว่าในการสร้างหรือทำสิ่งใดใหม่ผู้สร้างต้องอาศัยประสบการณ์ ความรู้สึก อุปนิสัยของตน แสดงว่าในการสร้างสิ่งใหม่นั้น จะต้องแสดงลักษณะบางอย่างของผู้สร้าง (2) แบบทำให้สมบูรณ์ วิธีนี้ให้ผู้ตอบต่อหรือเติมข้อความในสิ่งเร้าที่เป็นข้อความที่ไม่สมบูรณ์ให้ชัดเจน เช่น ฉันเป็นคน..... วิชาวิทยาศาสตร์เป็น..... (3) แบบให้เลือกหรือเรียงลำดับ วิธีนี้ผู้สอบจะต้องเลือกหรือเรียงลำดับของสิ่งเร้าตามคำชี้แจงที่ให้โดยยึดหลักว่า คุณลักษณะภายในของบุคคลจะส่งผลต่อการเลือกและลำดับสิ่งเร้า โดยที่ผู้จัดอันดับหรือผู้ถูกสอบไม่รู้ตัว เป็นต้น (วินัย รังสินันท์, 2550: 555)

1.3.2 **การทดสอบด้วยสถานการณ์**

การทดสอบด้วยสถานการณ์คือการใช้ชุดของสภาวะแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้ทดสอบแสดงความคิดหรือเลือกคำตอบ เป็นการจัดสภาพที่เลียนแบบสถานการณ์ในชีวิตจริง เพื่อให้ผู้ทดสอบได้สัมผัสกับสถานการณ์เหล่านั้น แล้วแสดงพฤติกรรมต่างๆ ออกมาตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยเป้าหมายของการทดสอบด้วยสถานการณ์ คือต้องการประเมินทางด้านอารมณ์ สังคม เจตคติ และบุคลิกภาพต่างๆ โดยไม่ประเมินสมรรถภาพด้านความรู้ (Anatasi, 1968: 521อ้างถึงใน โชติ เพชรชื่น, 2526: 7-17) สำหรับการใช้แบบสอบวัดจิตพิสัยควรเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและต้องไม่ให้ผู้สอบรู้ตัวว่าถูกทดสอบในสภาวการณ์หรือเหตุการณ์ดังกล่าว จึงจะสามารถบ่งบอกถึงคุณลักษณะบางประการได้ หากว่าผู้สอบรู้ตัวอาจทำให้บิดเบือนคำตอบ ซึ่งทำให้พฤติกรรมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

แบบทดสอบด้วยสถานการณ์มีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ ดังนี้ (Haney, 1969: 33-35; โชติ เพชรชื่น, 2526: 7-17)

(1) **สถานการณ์** เป็นเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้นตามจุดมุ่งหมายของสิ่งที่ต้องการทดสอบ โดยสถานการณ์ที่ใช้ทดสอบทางด้านจิตพิสัยควรมีลักษณะ ดังนี้

1.1) สถานการณ์ที่สร้างขึ้นหรือกำหนดขึ้นควรเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้จริงกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

1.2) ความเข้มหรือความรุนแรงของสถานการณ์ควรอยู่ในระดับปานกลาง ไม่สร้างความเครียดให้กับผู้ทดสอบมากเกินไป

1.3) ข้อมูลหรือสาระสำคัญที่กำหนดให้จะต้องเพียงพอต่อการตัดสินในในทิศทางหรือจุดประสงค์ของการวัด ซึ่งหมายถึงการตัดสินใจเลือกแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสม

(2) **คำถาม** อาจมีได้ 2 ลักษณะ คือ

2.1) คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้ทดสอบประเมินสถานการณ์ ซึ่งหมายถึงการพิจารณาตัดสินว่า ควร-ไม่ควร ดี-ไม่ดี เหมาะสม-ไม่เหมาะสม ใช้ได้-ใช้ไม่ได้ ถูกต้อง-ไม่ถูกต้อง และรวมถึงกรณีที่ไม่อาจตัดสินใจได้

2.2) คำถามที่ถามเพื่อให้ผู้ทดสอบระบุแนวทางปฏิบัติ ถ้าหากตนเองเป็นผู้หนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น

สำหรับประเภทของแบบทดสอบด้วยสถานการณ์อาจเป็นแบบหลายตัวเลือกหรือแบบเขียนตอบ ซึ่งแตกต่างกันในส่วนของการตอบ ดังนี้

(1) **แบบทดสอบด้วยสถานการณ์แบบหลายตัวเลือก** ประกอบด้วยสถานการณ์ซึ่งควรกำหนดให้สถานการณ์มีความเข้มข้นหรือความรุนแรงในระดับปานกลางและเลือกสถานการณ์ที่ไม่สร้างความเครียดกับผู้สอบมากเกินไป ส่วนต่อมาคือคำถาม ซึ่งเป็นคำถามที่ให้ผู้สอบพิจารณาตัดสินว่าพฤติกรรมหรือเหตุการณ์ที่ระบุนั้น ควรหรือไม่ควร เหมาะสมหรือไม่เหมาะสม ใช้ได้หรือใช้ไม่ได้ ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง รวมถึงกรณีที่ไม่อาจตัดสินใจได้ ส่วนสุดท้ายคือตัวเลือก โดยเป็นตัวเลือกที่เป็นข้อความแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นที่สะท้อนถึงพฤติกรรม หรือเป็นตัวแทนในแต่ละระดับของพฤติกรรมด้านความรู้สึก (สุมาลี จันทร์ชลอ, 2542: 247)

(2) **แบบทดสอบด้วยสถานการณ์แบบเขียนตอบ** เป็นการให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้สึก ความเห็น พร้อมเหตุผลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ สามารถวัดความคิด ความเห็นและความรู้สึกได้เป็นอย่างดี แต่มีข้อจำกัดคือการตรวจ

ให้คะแนนทำได้ยาก ดังนั้นจึงต้องสร้างเกณฑ์การตรวจให้คะแนนที่แน่นอน และควรได้รับการตรวจจากผู้ตรวจหลายคน (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 57)

1.3.3 **การสังเกตพฤติกรรม**

การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนนับว่าเป็นวิธีตรงในการวัดคุณลักษณะด้านจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ฯลฯ วิธีการสังเกตคือผู้สังเกตจะทำการบันทึกพฤติกรรมอย่างมีแบบแผน แล้วอนุมานสิ่งที่ต้องการวัดของบุคคลจากพฤติกรรมที่แสดงออก การสังเกตพฤติกรรมอาจทำได้ 2 แบบ ดังนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 59-61)

(1) **การสังเกตพฤติกรรมที่เกิดขึ้นเองในสถานการณ์จริง** ทำการสังเกตโดยเมื่อพบนักเรียนแสดงพฤติกรรมใดตรงตามรายการสังเกตพฤติกรรมก็จดบันทึกไว้ วิธีนี้เป็นวิธีที่ดี เพราะนักเรียนแสดงพฤติกรรมในสภาพจริงตามธรรมชาติ แต่มีข้อเสียคือผู้สอนไม่สามารถตามไปสังเกตนักเรียนได้ทุกคน ทุกเวลา ส่วนใหญ่จะสังเกตได้เฉพาะกรณีที่นักเรียนแสดงพฤติกรรมให้เห็นต่อหน้าผู้สอน ดังนั้นจึงเหมาะกับการสังเกตนักเรียนบางคนที่ต้องการทราบข้อมูลเพิ่มเติมเป็นพิเศษ แบบกรณีศึกษา

(2) **การสังเกตพฤติกรรมภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้** ในกรณีนี้อาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนได้ครั้งละหลายๆ คน โดยจัดสถานการณ์หรือกิจกรรมต่างๆ ให้นักเรียนที่ต้องการสังเกตได้ปฏิบัติ วิธีการปฏิบัติกิจกรรมนั้น ก็จะทำให้สามารถบอกคุณลักษณะของนักเรียนได้

อย่างไรก็ตาม การสังเกตพฤติกรรมไม่ว่าจะเป็นแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 จำเป็นต้องรายงานว่าจะสังเกตพฤติกรรมใดบ้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งที่ต้องการวัดหรือประเมิน โดยจะต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจนและควรประเมินทั้งด้านปริมาณหรือจำนวนครั้งในการแสงออกของพฤติกรรมและด้านคุณภาพหรือลักษณะที่แสดงออก และใช้วิธีการบันทึกผลอาจทำได้หลายวิธี เช่น การเขียนบรรยายลักษณะของพฤติกรรม การใช้แบบมาตรประมาณค่า การใช้แบบตรวจสอบรายการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 138)

1.3.4 **การสอบถามและสัมภาษณ์**

การสอบถามเป็นการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์แบบหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาว่านักเรียนคนนั้นมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงสิ่งที่ต้องการวัดอย่างไร เป็นการให้ผู้ถูกประเมินรายงานความรู้สึกด้วยตนเองโดยใช้แบบ

วัดที่ประกอบด้วยข้อความคิดเห็นที่เป็นสิ่งเร้าให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึกออกมา โดยมีวิธีการสอบถาม 3 แบบ ได้แก่ (1) การใช้แบบตรวจสอบรายการ เป็นการถามเรื่องราวต่างๆ แล้วให้ผู้ตอบทำเครื่องหมายในแบบตรวจสอบรายการเพื่อแสดงว่า ชอบ-ไม่ชอบ เห็นด้วย-ไม่เห็นด้วย (2) การใช้แบบสำรวจ เป็นการสำรวจประเด็นที่มีขอบเขตที่จำกัดเฉพาะ เช่น แบบสำรวจความสนใจ (3) การใช้แบบสอบถาม เป็นการสอบถามด้วยรูปแบบที่ประกอบด้วยข้อคำถามหรือข้อความให้ผู้ตอบได้แสดงความคิดเห็นตามมาตรวัดที่กำหนดแบบใดแบบหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้มาตรวัดมี 3 แบบ คือ วิธีของลิเคิร์ท (Likert Method) หรือมาตรรวมการประมาณค่า (Summated Rating Scale) วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone Method) หรือวิธีวัดช่วงเท่ากัน (Method of Equal Appearing Interval) และ วิธีของออสกูด (Osgood Method) หรือมาตรจำแนกความหมายของคำ (Semantic Differential Scales) (วินัย รังสินันท์, 2550: 553)

ส่วนการสัมภาษณ์นั้นเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถตรวจสอบความรู้สึกและความคิดเห็นที่แท้จริงได้ ในการสัมภาษณ์ผู้วัดจะต้องสอบถามและพยายามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับเป้าหมายของสิ่งที่ต้องการวัด อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อจำกัดในกรณีที่ผู้ตอบไม่เต็มใจหรือไม่ให้ความร่วมมือในการตอบ ข้อมูลที่ได้จึงอาจไม่ตรงกับความเป็นจริง อีกทั้งต้องวัดเป็นรายบุคคล ทำให้เสียเวลาและสิ้นเปลืองงบประมาณมาก อีกทั้งการประเมินค่อนข้างเป็นอัตนัย จึงต้องใช้ผู้สัมภาษณ์ที่มีประสบการณ์ (ธงชัย ชิวปรีชา, 2537: 58)

2. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีประเด็นที่นำเสนอ 4 ประเด็น ได้แก่ (1) ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (2) ความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (3) องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (4) แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำเป็นต้องสร้างประสบการณ์ด้วยการให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการที่ให้โอกาสและประสบการณ์ดังกล่าวคือการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และเป็นที่ยอมรับกันว่าการปฏิบัติอันเป็นหัวใจสำคัญประการหนึ่งของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Bayer and Davis, 2008: 383)

ดังนั้น การให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นการสร้างประสบการณ์เรียนรู้ในการปฏิบัติอันเป็นหลักของสังคมวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ใช้หลักฐานสนับสนุนและปรับปรุงข้อสรุป เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ศึกษา การให้ความสำคัญกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงเป็นการลดความสำคัญของการจดจำข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์แต่เป็นการเพิ่มความสำคัญในการสร้างความเข้าใจและสื่อสารความเข้าใจด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล (Driver et al., 2000; NRC, 2007 อ้างถึงใน Bayer and Davis, 2008: 383) สอดคล้องกับแนวคิดของ Berland and Reiser (2009: 27) ที่กล่าวว่า “เป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสืบสอบมี 2 ประการ คือ (1) นักเรียนควรมีความสามารถในการใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิด”

ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจึงนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงจากการเน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษามาเป็นการสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ โดยการเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผล (Bayer and Davis, 2008: 382) รวมทั้งการกำหนดมาตรฐานการศึกษาสำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ให้ความสำคัญกับคำอธิบาย อาทิ สภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC, 1996; 2000 อ้างถึงใน Ruiz-Primo et al., 2010: 584) ได้เน้นว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะสำคัญ เป็นความสามารถพื้นฐานและเป็นความเข้าใจพื้นฐานสำหรับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่า “นักเรียนควรมีความสามารถ 4 ประการ ได้แก่ (1) การให้หรือแสดงหลักฐาน ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาและประเมินคำอธิบายเพื่อตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบ (2) สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากหลักฐานเพื่อตอบคำถามในการสำรวจตรวจสอบ (3) สร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบจำลองโดยใช้เหตุผลและหลักฐาน (4) มีความเข้าใจที่กระจ่างชัดว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เน้นหลักฐาน เหตุผลและใช้หลักการรูปแบบและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์” นอกจากนี้ยังเน้นว่า “การส่งเสริมการเรียนการสอนแบบสืบสอบในห้องเรียนวิทยาศาสตร์คือการเปลี่ยนแปลงวิทยาศาสตร์จากมุมมองที่ว่าวิทยาศาสตร์คือการสำรวจและการทดลองไปสู่มุมมองที่ว่าวิทยาศาสตร์คือการสร้างข้อโต้แย้งและคำอธิบาย” (National Research Council: NRC, 1996: 113 อ้างถึงใน Park Rogers, 2009: 47)

ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังสะท้อนได้จากจำนวนงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีมากขึ้นตามลำดับ โดยเฉพาะงานวิจัยเชิงทดลองได้แสดงให้เห็นว่าการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลายประการ อาทิ ความสามารถในการให้เหตุผลและการตัดสินใจลงข้อสรุป ความเข้าใจในมโนทัศน์ ส่งเสริมความเข้าใจทั้งเนื้อหาและกระบวนการ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงมุมมองที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2006: 3) และมีสมมติฐานว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในลักษณะของการเชื่อมโยงหลักฐาน และอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ (Ruiz-Primo et al., 2010: 584) และการให้โอกาสนักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นการช่วยให้นักเรียนได้สะท้อนสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ (Tishman and Perkins, 1997 อ้างถึงใน Ruiz-Primo et al., 2010: 584) ดังนั้นจึงควรพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน และเป็นกิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการสืบสอบ (Ruiz-Primo et al., 2010: 584) ห้องเรียนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่แท้จริงนั้นคือการที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการประเมินและเลือกใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบาย (Duschl and Osborn, 2002: 40 อ้างถึงใน Park Rogers, 2009: 48)

จากที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีการให้เหตุผล ตลอดจนเป็นการสร้างประสบการณ์เรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียน เพราะได้นำเอาการปฏิบัติอันเป็นหลักสำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์มาจัดการเรียนการสอน จึงเป็นการพัฒนานักเรียนทั้งกระบวนการคิด การปฏิบัติและสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 ความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีหน่วยงาน นักวิชาการและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ให้ความหมายของคำว่า “คำอธิบาย” ในบริบทที่เกี่ยวข้องการการศึกษาวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

McNeill and Krajcik (2006: 2) อธิบายว่า “คำอธิบายคือการรายงานลักษณะและเหตุผลของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะนักวิทยาศาสตร์นั้นจะอธิบายปรากฏการณ์ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไรหรือเพราะเหตุใด รวมถึงเงื่อนไขและผลของเหตุการณ์ที่สังเกตเห็นได้”

Beyer and Davis (2008: 383) กล่าวว่า “คำอธิบาย หมายถึง การรายงานลักษณะและเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ โดยการรายงานนี้ต้องเชื่อมโยงกับหลักฐานเป็นสำคัญ”

Sandoval and Reiser (2004 อ้างถึงใน Ruiz-Primo et al., 2008: 3) กล่าวว่า “คำอธิบาย หมายถึง คำตอบของคำถามเฉพาะเรื่อง”

National Research Council (1996: 145 อ้างถึงใน Berland and Reiser, 2009: 27) ให้ความหมายของคำอธิบายว่า “คำอธิบาย หมายถึง การรายงานสาเหตุของผลและการสร้างความสัมพันธ์ของเหตุและผลบนพื้นฐานของหลักฐานและการโต้แย้งเชิงตรรกะ”

Gilbert et al. (2000: 193-194) กล่าวว่า “คำอธิบาย คือ คำตอบที่แสดงถึงการตอบสนองต่อคำถามเฉพาะ” และได้อธิบายความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ ผลผลิตของสังคมวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ” นอกจากนั้นยังได้กล่าวถึงความหมายของคำอธิบายที่ใช้ในบริบททางวิทยาศาสตร์ โดยนำเสนอความหมายที่ให้ไว้โดย Martin (1972) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ (Explanation in Science) มี 5 ความหมาย ดังนี้

(1) คำอธิบาย คือ การให้ความหมายของคำในบริบททางวิทยาศาสตร์ให้ความมีความชัดเจน

(2) คำอธิบาย คือ ประโยคที่แสดงถึงความเชื่อหรือการกระทำอย่างมีเหตุผลในบริบททางวิทยาศาสตร์

(3) คำอธิบาย คือ การอธิบายสาเหตุของสภาพ เหตุการณ์ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

(4) คำอธิบาย คือ การอธิบายลักษณะและหน้าที่ของสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

(5) คำอธิบาย คือ การกล่าวอ้างทฤษฎีที่มาจากการนิรนัยจากกฎต่างๆ

โดยสรุป คำอธิบาย หมายถึง การตอบคำถาม การรายงานลักษณะและเหตุผล รวมถึงเงื่อนไขและผลที่สังเกตเห็นได้ของการเกิดปรากฏการณ์ โดยเชื่อมโยงกับหลักฐานเป็นสำคัญ

ส่วนความหมายของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยสรุปหมายถึง คำอธิบายที่ใช้สำหรับการให้ความหมาย การอธิบายและการกล่าวอ้างในบริบททางวิทยาศาสตร์ โดยมีลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ว่าเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งกล่าวไว้โดยสภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 1996 อ้างถึงใน Chiappetta and Koballa, 2010: 104) ซึ่งระบุลักษณะสำคัญของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกับคำอธิบายอื่นๆ คือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องเป็นคำอธิบายที่

ถูกต้อง สะท้อนผลการสังเกตและการทดลองในเชิงประจักษ์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นต้องมาจากการให้เหตุผลในเชิงตรรกะและสอดคล้องกับหลักฐาน เป็นคำอธิบายที่เป็นสาธารณะและสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้กระบวนการพินิจพิเคราะห์ การรับรอง การปรับเปลี่ยนและการปฏิเสธจากสังคมวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ Bybee (2004: 14) ได้ระบุลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ว่าเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่เกิดจากการให้เหตุผลในเชิงตรรกะ ยึดถือกฎและหลักฐาน สามารถเปลี่ยนแปลงได้และมีพื้นฐานอยู่บนความรู้ทางวิทยาศาสตร์”

2.3 องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาและกำหนดกรอบแนวคิดองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

McNeill et al. (2006: 158) ได้พัฒนาองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin (Toulmin’s Argumentation Pattern: TAP) (1958) โดยนำเสนอว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ คือ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ตรงกับข้อกล่าวอ้าง (Claim) ตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin (2) หลักฐาน (Evidence) คล้ายกับข้อมูล (Data) ตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin และ (3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการผสมผสานระหว่างข้อรับรอง (Warrant) กับข้อสนับสนุน (Backing) ตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

(1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของคำถามที่ถามเมื่อเริ่มต้นการสำรวจตรวจสอบ

(2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหลักฐานนี้มาจากการสำรวจตรวจสอบ การสังเกต การอ่านเอกสารที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

(3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงถึงเหตุผลที่เลือกใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง สำหรับองค์ประกอบของการให้เหตุผลตามที่ McNeill et al. เสนอแนะให้นักเรียนแสดงคือเหตุผลที่แสดงถึงความเชื่อของนักเรียนที่ใช้หลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งคล้ายกับข้อรับรอง นอกจากนั้นนักเรียนจำเป็นต้องสนับสนุนเพื่อแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานด้วยการอ้างอิงหลักการเชิงวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมซึ่งคล้ายกับข้อสนับสนุนตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin

Kuhn and Reiser (2004: 7-8) Ruiz-Primo et al (2008: 3) Berland and Reiser (2009: 33-34) กล่าวถึงองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตรงกันว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ คือ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) และ (3) การให้เหตุผล (Reasoning) โดยยึดกรอบ

แนวคิดของ McNeill et al. (2003) ในการพัฒนากรอบแนวคิด ซึ่งทั้งสามองค์ประกอบมีรายละเอียดสรุปได้ดังนี้

(1) ข้อกล่าวอ้าง คือ คำตอบของคำถาม เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสร้างได้ง่ายที่สุดและสามารถระบุข้อสรุปจากคำอธิบายของผู้อื่นได้ง่ายเช่นกัน ข้อสรุปนี้เป็นการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นหรือระบุปัจจัยที่เป็นสาเหตุ ซึ่งขึ้นอยู่กับคำถามเริ่มต้นของการสำรวจตรวจสอบ

(2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนรวบรวมและนำไปสู่การสร้างข้อความสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานอาจมีได้หลายแบบ เช่น ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลจากการสังเกต ข้อเท็จจริงที่ได้จากการอ่านและการอภิปราย

(3) การให้เหตุผล คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ซึ่งมี 2 ลักษณะ คือ 1) การรวบรวมความรู้พื้นฐานหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และ 2) การอธิบายความเชื่อมโยงเชิงตรรกะระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป ซึ่งเป็นการแสดงถึงข้อยืนยันที่ใช้ในการอธิบายความเชื่อมโยงดังกล่าว

Sampson and Clark (2009A: 456-457) ใช้กรอบแนวคิดรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin ในการพัฒนากรอบแนวคิดของข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Argument) ซึ่งมีลักษณะเป็นคำอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียน มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ (1) คำอธิบาย (Explanation) คล้ายกับข้อกล่าวอ้างตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin (2) หลักฐาน (Evidence) คล้ายกับข้อมูลตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin และ (3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการผสมผสานระหว่างข้อรับรองกับข้อสนับสนุนตามรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียด สรุปได้ดังนี้

(1) คำอธิบาย คือ ส่วนที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำตอบจากคำถามในการสำรวจตรวจสอบ คำอธิบายนี้สามารถให้แนวทางในการแก้ปัญหา อธิบายความสัมพันธ์หรือกล่าวถึงสาเหตุของกระบวนการที่เกิดขึ้น

(2) หลักฐาน คือ ส่วนที่ต้องการให้นักเรียนรวบรวมสิ่งที่ได้จากการวัดหรือการสังเกตในการสนับสนุนความตรงหรือความถูกต้องของข้อความสรุปคำอธิบาย ซึ่งหลักฐานนี้มีได้หลายแบบตั้งแต่ข้อมูลเชิงปริมาณจนกระทั่งข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสังเกต อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ต้องพิจารณาให้เห็นหลักฐาน คือแนวโน้มตามช่วงเวลา ความแตกต่างระหว่างกลุ่มหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

(3) การให้เหตุผล คือการแสดงให้เห็นถึงเหตุผลที่เลือกใช้หลักฐานสนับสนุนคำอธิบาย และเหตุผลที่เลือกใช้จำนวนหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุน

จากองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า องค์ประกอบดังกล่าวพัฒนามาจากรูปแบบข้อโต้แย้งของ Toulmin ซึ่งเป็นผู้พัฒนาองค์ประกอบของรูปแบบข้อโต้แย้งทั่วไป (Generic Argument Form) เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อโต้แย้งในชีวิตประจำวัน โดยมีมุมมองว่าข้อโต้แย้งคือข้อความที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างที่สนับสนุนหรือรองรับด้วยข้อมูลหรือหลักฐาน โดยทั้งสองส่วนเชื่อมโยงกันด้วยข้อรับรองและข้อสนับสนุน ซึ่งเป็นข้อความที่กล่าวสนับสนุนข้อรับรองอีกทีหนึ่ง แต่ปกติแล้วข้อกล่าวอ้างจะมีส่วนขยาย (Qualifier) ซึ่งเป็นข้อความที่กล่าวถึงเงื่อนไขที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่ข้อกล่าวอ้างไม่เป็นจริง และสนับสนุนด้วยข้อความที่เป็นข้อคัดค้าน (Rebuttal) ที่กล่าวค้านกับข้อความที่เป็นข้อกล่าวอ้าง (Osborne, 2005: 371; Dawson and Venville, 2010: 134-135) อย่างไรก็ตาม หากจากนำองค์ประกอบของข้อโต้แย้งตามรูปแบบของ Toulmin มาใช้ในการสร้างคำอธิบายคงเป็นเรื่องยากสำหรับครูและนักเรียน (Sampson and Clark, 2009A: 456-457) ดังนั้นจึงมีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบดังกล่าวให้ง่ายยิ่งขึ้น โดยนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่นำเสนอข้างต้นกล่าวตรงกันว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ประการ และในสามองค์ประกอบนั้นมีความหมายโดยนัยเหมือนกัน เพียงแต่มีการใช้คำที่แทนองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต่างกัน และแตกต่างกันเพียงแค่หนึ่งองค์ประกอบ คือ องค์ประกอบแรกของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดย McNeill et al. (2006) Kuhn and Reiser (2004) Ruiz-Primo (2008) Berland and Reiser (2009) ใช้คำตรงกัน คือคำว่า “ข้อกล่าวอ้าง” ส่วน Sampson and Clark (2009A) ใช้คำว่า “คำอธิบาย”

ดังนั้น สรุปได้ว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ประการ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปความหมายและเลือกใช้คำแทนแต่ละองค์ประกอบ ดังต่อไปนี้

(1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของการศึกษาปรากฏการณ์

(2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

(3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

2.4 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีลักษณะสอดคล้องกับการวัดและประเมินการสร้างภาระงานเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีการวัดทั้งความเข้าใจในเนื้อหาและการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008C: 109) โดยภาระงานเป็นกิจกรรมหนึ่งของการเรียนรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติงานและสร้างผลงานหรือชิ้นงาน ซึ่งใช้เป็นหลักฐานแสดงผลการเรียนรู้หรือความก้าวหน้าในการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 102) นอกจากนี้ McNeill and Krajcik (2008C: 109-110) ยังระบุว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็น “Learning Performance” หรือการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน ซึ่งต้องประเมินทั้งความเข้าใจและการปฏิบัติการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ Nitko and Brookhart (2007: 244) ที่อธิบายการประเมินการปฏิบัติงาน (Performance Assessment) ว่าเป็นการประเมินที่มีการให้ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนทำ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ความรู้และทักษะจากเป้าหมายการเรียนรู้หลายๆ ด้าน ร่วมกับการใช้เกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนในการประเมินผลวิธีการประยุกต์ความรู้ของนักเรียน ดังนั้น การประเมินการปฏิบัติงานต้องให้นักเรียนทำกิจกรรมบางอย่างโดยอาศัยความรู้ เช่น การเขียนรายงาน และการแสดงกระบวนการให้เห็น เช่น แสดงการวัดมวลของวัตถุในห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

Nitko and Brookhart (2007: 244-245) อธิบายว่า “การประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียนมีองค์ประกอบสำคัญ 2 ประการ คือ ภาระงานที่ต้องการให้ปฏิบัติ และเกณฑ์การให้คะแนน โดยที่ (1) ภาระงานที่ต้องการให้ปฏิบัติ (Performance Tasks) คือการประเมินกิจกรรมที่ต้องการให้นักเรียนแสดงถึงการประยุกต์ความรู้ ตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด โดยอาจใช้การประเมินผลงาน (Product) ที่นักเรียนสร้าง และ/หรือการประเมินกระบวน (Process) ที่นักเรียนใช้ในการสร้างผลงานจนสำเร็จ ทั้งนี้จะประเมินประการใดประการหนึ่งหรือทั้งสองขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการเรียนรู้ที่กำหนด (2) เกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) คือ เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของนักเรียน โดยเกณฑ์ดังกล่าวใช้ในการตัดสินและเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินที่สอดคล้องกันตามเป้าหมายที่กำหนด โดยที่ลักษณะของเกณฑ์อาจปรากฏอยู่ในแบบการประเมินแบบมาตรประมาณค่าหรือแบบตรวจสอบรายการ”

จากแนวทางการวัดและประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็นการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติงาน ซึ่งมี 2 ส่วน คือ (1) กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อันเป็นการแสดงถึงการวัดและประเมินกระบวนการ (Process) และ (2) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อันเป็นการแสดงถึงการวัดและประเมินผลผลิต (Product) ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งสองลักษณะ พบว่ามีแนวการวัดและประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ รวมทั้งแนวทางการสร้างภาระงานเพื่อใช้วัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) การวัดและประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการประเมินกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งสามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียน โดยการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับการประเมินกระบวนการเรียนรู้ในเรื่องการสืบสอบความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008C: 109-110) ซึ่งพฤติกรรมที่แสดงออก คือ มีการเรียนรู้ที่เป็นระบบ ประกอบด้วยความสนใจในเรื่องที่ศึกษา การสำรวจและค้นหา การอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้และการประเมิน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546: 12) ดังตัวอย่างการประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบและกระบวนการสร้างข้อโต้แย้งของ Sampson et al. (2010: 20-21) ซึ่งประเมินกลุ่มทดลองที่เรียนวิชาเคมีด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ประเมินโดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน ใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 4 ด้าน ได้แก่ (1) การเริ่มต้นสำรวจตรวจสอบ (Introduction) (2) วิธีการดำเนินการ (Method) (3) ข้อโต้แย้ง (Argument) และ (4) กระบวนการเขียน (The Mechanics of the Writing) โดยผู้วิจัยขอนำเสนอตัวอย่างเกณฑ์การประเมินในสองด้านแรก เนื่องจากเป็นการประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนระหว่างเรียน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (ปรับจาก Sampson et al., 2010: 20-21)

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
ด้านที่ 1 การเริ่มต้นสำรวจตรวจสอบ			
(1) การอธิบายปัญหาหรือภาระงานและการอธิบายความเข้าใจในทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดของมโนทัศน์	อธิบายปัญหาหรือภาระงานได้สมบูรณ์ แต่ไม่ได้อธิบายทฤษฎีหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล	อธิบายปัญหาหรือภาระงานได้สมบูรณ์ แต่อธิบายทฤษฎีหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลไม่ชัดเจนและถูกต้องบางส่วน	อธิบายปัญหาหรือภาระงานได้สมบูรณ์และอธิบายรายละเอียดที่แสดงความเข้าใจในทฤษฎีหรือมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (ปรับจาก Sampson et al., 2010: 20-21) (ต่อ)

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	1	2	3
ด้านที่ 1 การเริ่มต้นสำรวจตรวจสอบ (ต่อ)			
(2) การตั้งคำถาม และ/หรือเป้าหมายของการสำรวจตรวจสอบ และการอธิบายความจำเป็น หรือความสำคัญของการสำรวจตรวจสอบ	มีการตั้งคำถามของปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ แต่ไม่มีการอธิบายความจำเป็น หรือความสำคัญของการสำรวจตรวจสอบ	มีการตั้งคำถามของปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ แต่อธิบายความจำเป็น หรือความสำคัญของการสำรวจตรวจสอบไม่ชัดเจนหรืออธิบายแบบทั่วไป	มีการตั้งคำถามของปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ และอธิบายความจำเป็น หรือความสำคัญของการสำรวจตรวจสอบได้ชัดเจน
ด้านที่ 2 วิธีการดำเนินการ			
(1) การอธิบายวิธีดำเนินการสำรวจตรวจสอบ	อธิบายวิธีการดำเนินการได้สมบูรณ์ หรือเป็นวิธีการสำรวจตรวจสอบที่ยากต่อการดำเนินการ	อธิบายวิธีการดำเนินการได้สมบูรณ์แต่วิธีการบางประการมีข้อบกพร่อง ใช้คำศัพท์ที่แสดงถึงธรรมชาติของการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้อง เช่น การทดลอง การสังเกต หรือใช้คำสำคัญได้ถูกต้อง เช่น สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตามและควบคุม	อธิบายวิธีการดำเนินการได้สมบูรณ์และวิธีการมีความเหมาะสม ใช้คำศัพท์ที่แสดงถึงธรรมชาติของการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้อง เช่น การทดลอง การสังเกต และใช้คำสำคัญได้ถูกต้อง เช่น สมมติฐาน ตัวแปรต้น ตามและควบคุม
(2) การให้เหตุผลเกี่ยวกับวิธีการดำเนินการสำรวจตรวจสอบที่กำหนด	ให้เหตุผลได้ดีในบางมุมมองของการสำรวจตรวจสอบและเป็นจำนวนน้อย เช่น การปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้เป็นสิ่งจำเป็น	ให้เหตุผลได้ดีในบางมุมมองของการสำรวจตรวจสอบ เช่น การอธิบายวิธีการควบคุมตัวแปรแต่ไม่อธิบายแนวทางการทดลองที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม	ให้เหตุผลได้ดีในทุกมุมมองของการสำรวจตรวจสอบ เช่น การอธิบายวิธีการควบคุมตัวแปรและอธิบายแนวทางการทดลองที่เป็นทางเลือกเพิ่มเติม

(2) **การวัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** ใช้วิธีการทดสอบ (Testing) ด้วยการใช้แบบสอบความเรียง (Essay Test) โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (The Open-Ended Explanation Items) (McNeill and Krajcik 2008A; Sampson and Clark, 2009A) ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ แบบสอบและเกณฑ์การให้คะแนน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1) **แบบสอบ (Test)** ประกอบด้วยข้อสอบที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ (1) สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย (2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งอาจอยู่ในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ภาพการทดลอง ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย (3) คำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในเรื่องใดหรือเกี่ยวกับเรื่องอะไร ส่วนจำนวนข้อสอบในแบบสอบและเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้สอน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

Sandoval et al. (2004: 5-6) สร้างข้อสอบเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 1 เรื่อง คือเรื่องการถ่ายทอดลักษณะด้อยจากปู่และตา โดยกำหนดสถานการณ์และให้พงศาวลีแสดงการถ่ายทอดลักษณะด้อย 3 ชั่วรุ่น เป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

McNeill and Krajcik (2006: 12; 2009: 458-459) สร้างข้อสอบเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน 3 เรื่องได้แก่สารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมีและการอนุรักษ์มวล เรื่องละ 1 ข้อ รวม 3 ข้อ โดยสองเรื่องแรกให้ตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์ ส่วนเรื่องที่สามให้ภาพการทดลองเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

Sampson and Clark (2009A: 461; 476) สร้างข้อสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3 เรื่อง ได้แก่การถ่ายทอดพลังงาน สมดุลความร้อนและการนำความร้อน โดยออกข้อสอบจำนวน 2 ข้อ โดยมีภาพการทดลองและตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์ และกำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 40 นาที

2.2) **เกณฑ์การให้คะแนน** (Scoring Rubrics) จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่ามีการใช้เกณฑ์การให้คะแนน 2 แบบ คือ (1) แบบรูบริกส์ (Rubrics) (Harris et al., 2006: 73; McNeill and Krajcik, 2008B: 134; 2006: 28) (2) แบบรูปวิธาน (Keys) (Sampson and Clark, 2009A: 462; 478-479) ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนทั้งสองแบบเป็นเกณฑ์การประเมินสำหรับให้คะแนนที่ประกอบด้วยเกณฑ์ด้านต่างๆ เพื่อใช้ประเมินค่าผลการปฏิบัติของผู้เรียนในภาระงานหรือชิ้นงานที่มีความซับซ้อน (สำนักวิชาการและมาตรฐาน

การศึกษา และสำนักงาคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2552: 73) ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 2 และแผนภาพที่ 1

Harris et al. (2006: 73) McNeill and Krajcik (2008B: 134; 2008C: 115; 2006: 28) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินแบบแยกประเด็น โดยเรียกเกณฑ์การประเมินนี้ว่า “Base Explanation Rubrics” โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของคำอธิบาย ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล แสดงดังตารางที่ 2

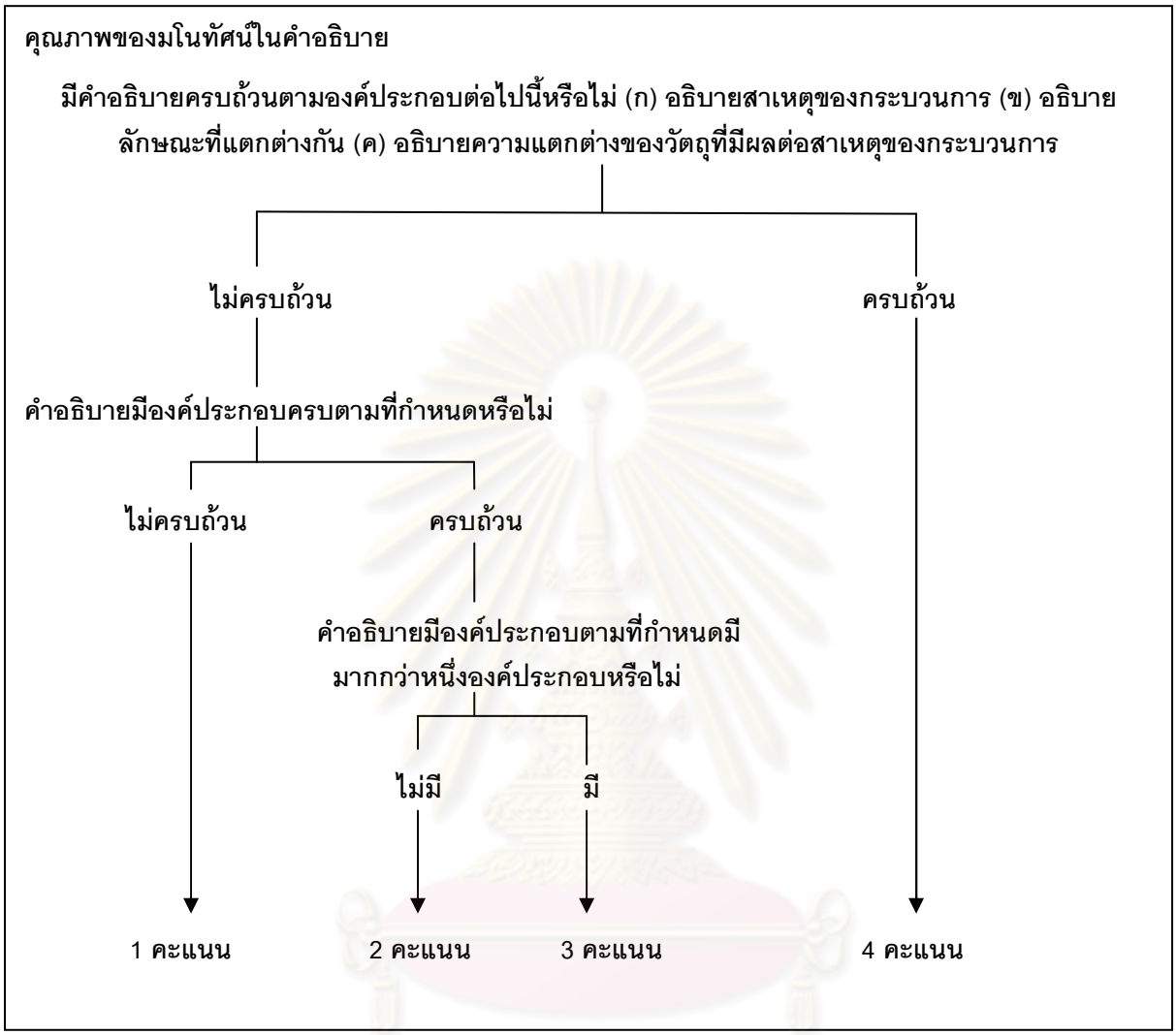
ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ปรับจาก Harris et al., 2006: 73; McNeill and Krajcik, 2008B: 134; 2008C: 115; 2006: 28)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	1	2	3
ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอ และอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้าง แต่มีการใช้หลักฐานซ้ำ และ/หรือมีการใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้าง แต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้าง รวมถึงใช้หลักการเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ

Sampson and Clark (2009A: 462; 478-479) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินแบบแยกประเด็น โดยมีลักษณะเป็นรูปวิธาน (Keys) เพื่อประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 4 ประเด็น คือ ความครบถ้วนของคำอธิบาย คุณภาพของมโนทัศน์ในคำอธิบาย คุณภาพของหลักฐาน และความครบถ้วนของเหตุผล โดยใช้รูปวิธานประเด็นละ 1 รูปวิธาน ดังตัวอย่างรูปวิธานสำหรับการประเมินคุณภาพของมโนทัศน์ในคำอธิบาย แสดงดังแผนภาพที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 1 รูปวิธานสำหรับการประเมินคุณภาพของมโนทัศน์ในคำอธิบาย (Sampson and Clark, 2009A: 478)



(3) **แนวทางการสร้างภาระงานเพื่อใช้วัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** สำหรับแนวทางการสร้างภาระงานเพื่อการวัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการออกแบบหรือสร้างภาระงานเพื่อวัตถุประสงค์สำคัญในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทำให้ผู้สอนแน่ใจว่าภาระงานที่สร้างขึ้นนั้น เป็นการรวมความเข้าใจในเนื้อหาและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ด้วยกัน อีกทั้งความสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด และสามารถสร้างภาระงานที่วัดได้จริงตามเนื้อหาที่ต้องการ (McNeill and Krajcik, 2008C: 108)

McNeill and Krajcik (2008C: 108-112) ได้เสนอแนวการดำเนินการ 6 ขั้นตอนสำหรับเป็นแนวทางการสร้างภาระงานเพื่อการวัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนำเสนอตัวอย่างการสร้าง

ภาระงานในเรื่องเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ในเนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์แบบผู้ล่ากับเหยื่อ (Predator/Prey Relationship) ซึ่งในแต่ละขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุและคัดเลือกมาตรฐานที่เกี่ยวกับเนื้อหา (Identify and Unpack the Content Standard) เป็นการระบุและคัดเลือกมาตรฐานของเนื้อหาที่ต้องการประเมิน โดยใช้วิธีการดังนี้

(1) เลือกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ในเรื่องที่จะกำหนดภาระงาน

(2) เขียนและระบุมโนทัศน์ให้ชัดเจน

(3) พิจารณาว่ามีมโนทัศน์อื่นที่จำเป็นต้องกำหนดในภาระงานอีกหรือไม่

(4) อาจจะต้องมีการเชื่อมโยงถึงมาตรฐานข้ออื่นๆ หากมโนทัศน์ที่กำหนดนั้นเกี่ยวข้องกับมาตรฐานข้ออื่นด้วย

ตัวอย่างของการกำหนดภาระงานเรื่องความสัมพันธ์แบบผู้ล่ากับเหยื่อ ต้องเลือกมาตรฐานช่วงชั้นเรื่องการพึ่งพาอาศัยของสิ่งมีชีวิตที่กำหนดโดยสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (The American Association for the Advancement of Science: AAAS Benchmarks, 1993) ดังนี้

> **มาตรฐานช่วงชั้นเรื่องการพึ่งพาอาศัยของสิ่งมีชีวิต (หน้า 17, ระดับเกรด 6-8)**: สิ่งมีชีวิตสองชนิดมีปฏิสัมพันธ์กันได้หลายแบบ อาจเป็นความสัมพันธ์แบบผู้ผลิตกับผู้บริโภค แบบผู้ล่ากับเหยื่อ หรือแบบปรสิตกับผู้ถูกอาศัย หรือสิ่งมีชีวิตอาจเป็นผู้กินซากหรือผู้ย่อยสลายสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ความสัมพันธ์อาจจะมีการการแข่งขันหรือได้ประโยชน์ร่วมกัน สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเพื่อให้อยู่รอดได้ (AAAS, 1993: 17 อ้างถึงใน McNeill and Krajcik, 2008C: 108)

ขั้นที่ 2 คัดเลือกการปฏิบัติการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ (Identify and Unpack the Content Standard) เป็นการกำหนดสิ่งที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติด้วยความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นการปฏิบัติในลักษณะต่างๆ ของการสืบสอบ เช่น การออกแบบ การสร้างแบบจำลอง การสร้างคำอธิบาย เป็นต้น ซึ่งในที่นี้เป็นลักษณะการสืบสอบโดยใช้วิธีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล อย่างไรก็ตาม การกำหนดวิธีการปฏิบัติเพื่อสะท้อนการสืบสอบใดก็ตามจะต้องมีเกณฑ์แบบรูบริกส์กำกับไว้ด้วยเสมอ

ขั้นที่ 3 การกำหนดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน (Create Learning Performance) เป็นการกำหนดภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติในลักษณะของการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการประเมินทั้งความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และการปฏิบัติในลักษณะการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดในลักษณะการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน โดยเป็น

การระบุสิ่งที่นักเรียนต้องปฏิบัติได้ด้วยความรู้ที่ไม่เพียงแค่การจดจำเนื้อหาเท่านั้น แต่ต้องเป็นการประยุกต์เนื้อหา และต้องระบุการปฏิบัติในลักษณะของการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างของการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงานในเรื่องความสัมพันธ์แบบผู้ล่ากับเหยื่อ อันแสดงถึงการรวมกันระหว่างเป้าหมายการเรียนรู้เนื้อหาเรื่องความสัมพันธ์แบบผู้ล่ากับเหยื่อ กับเป้าหมายการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการกำหนดการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงานด้วยวิธีการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (McNeill and Krajcik, 2008C: 110)

มาตรฐานด้านเนื้อหา x **มาตรฐานด้านการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์** = **การเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติงาน**		
สิ่งมีชีวิตสองชนิดมีปฏิสัมพันธ์กันในลักษณะความสัมพันธ์แบบผู้ล่ากับเหยื่อ (AAAS, 1993: 17)	(1) สร้างคำบรรยาย คำอธิบาย คำทำนายและรูปแบบ โดยใช้หลักฐาน (NRC, 1996: 145) (2) คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดเชิงตรรกะ เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำอธิบาย (NRC, 1996: 145)	นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อความที่แสดงว่าสิ่งมีชีวิตสองชนิดซึ่งมีความสัมพันธ์กันแบบผู้ล่ากับเหยื่อ หลักฐาน คือ ข้อความที่แสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตและประชากรของสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงว่าผู้ล่าบริโภคเหยื่อ และเมื่อผู้ล่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมใหม่จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ประชากรเหยื่อลดลงอย่างรวดเร็ว

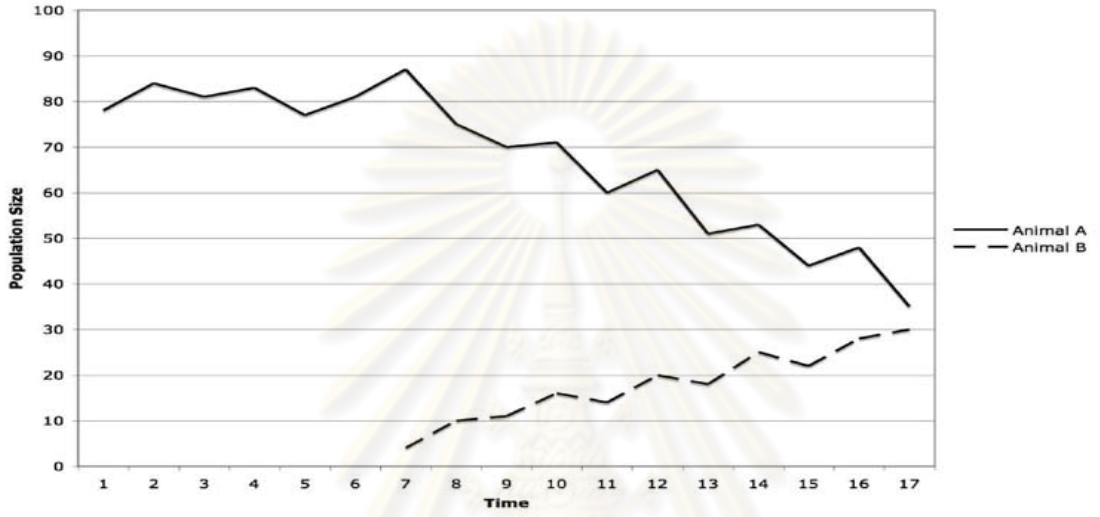
ขั้นที่ 4 **สร้างภาระงานที่ต้องการประเมิน** (Write the Assessment Task) เป็นการออกแบบภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนประยุกต์ความเข้าใจในเนื้อหาและความเข้าใจในคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างผลงานที่ต้องการ โดยเป็นไปตามเป้าหมายของการแสดงออกถึงการเรียนรู้ที่กำหนดในขั้นที่ 3

ตัวอย่างภาระงานที่ต้องการประเมินเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่ากับเหยื่อตามการแสดงออกถึงการเรียนรู้ที่กำหนด แสดงดังแผนภาพที่ 2

แผนภาพที่ 2 ตัวอย่างภาระงานที่ต้องการประเมินเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่ากับเหยื่อ (McNeill and Krajcik, 2008C: 111)

สัตว์ชนิด A อาศัยอยู่ในทุ่งหญ้า โดยสัตว์ชนิดนี้กินหญ้า รากและวัชพืชเป็นอาหาร สัตว์ชนิด A อาศัยอยู่ในโพรงขนาดเล็กใต้ดิน ณ ช่วงเวลาที่ 7 สัตว์ชนิด B เข้ามาในสภาพแวดล้อมนี้ สัตว์ชนิด B มีขนาดประชากรใหญ่กว่าสัตว์ชนิด A และกินสัตว์ขนาดเล็ก แมลงและสัตว์เลื้อยคลานเป็นอาหาร

จงสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่อธิบายรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ทั้งสองชนิดนี้



ขั้นที่ 5 **ทบทวนถึงภาระงานที่ต้องการประเมิน** (Review the Assessment Task) หลังจากการสร้างภาระงานแล้ว ให้ทบทวนภาระงานอีกครั้ง โดยใช้คำถามที่ปรับจากกรอบแนวคิดการประเมินตามโครงการ 2061 (Project 2061's Assessment Framework) เพื่อทบทวนภาระงานที่สร้างขึ้น ดังนี้

(1) ความรู้ที่จำเป็นต่อการทำภาระงานนี้ถูกต้องหรือไม่

(2) ความรู้เพียงพอต่อการทำภาระงานนี้หรือไม่ หรือมีความรู้อื่นๆ ที่จำเป็นกับการทำงานนี้อีกหรือไม่

(3) ภาระงานที่ต้องการประเมินและเนื้อหานั้น มีความเป็นไปได้ที่นักเรียนจะทำความเข้าใจได้หรือไม่

คำถามเหล่านี้จะช่วยสะท้อนว่าภาระงานที่ต้องการประเมินนั้นสอดคล้องหรือเป็นไปตามเป้าหมายของการเรียนรู้หรือไม่ และช่วยให้นักเรียนเข้าใจได้หรือไม่

ขั้นที่ 6 พัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำเพาะ (Develop Specific Rubrics) เป็นการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำเพาะต่อภาระงานโดยมีฐานของเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation Rubrics) ซึ่งเป็นการกำหนดจำนวนที่เหมาะสมและความครบถ้วนของข้อสรุป หลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งแตกต่างกับเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตรงที่จะมีความจำเพาะต่อภาระงานและแสดงให้เห็นถึงความรู้ที่นักเรียนจะประยุกต์

ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนแบบจำเพาะต่อภาระงานสำหรับภาระงานที่ต้องการประเมินเกี่ยวกับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่ากับเหยื่อ แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่าและเหยื่อ (ปรับจาก McNeill and Krajcik, 2008C: 116)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	1	2	3
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่ากับเหยื่อ หรือระบุความสัมพันธ์ผิด เช่น ระบุว่าเป็นความสัมพันธ์แบบปรสิตกับผู้ถูกอาศัย	ระบุความสัมพันธ์แต่ยังไม่ชัดเจน เช่น สัตว์ชนิด B เป็นสาเหตุให้ขนาดประชากรของสัตว์ชนิด A ลดลง	ระบุความสัมพันธ์ได้ชัดเจน ว่าสัตว์ชนิด A และ B มีความสัมพันธ์กันแบบผู้ล่ากับเหยื่อ
หลักฐาน	ให้ข้อมูลที่ไม่เหมาะสม เช่น เส้นกราฟของสัตว์ทั้งสองชนิดลากขึ้นและลงอย่างมาก หรือมีการให้หลักฐานที่ไม่ชัดเจน เช่น เขียนว่ากราฟนี้คือหลักฐาน	แสดงหลักฐานหนึ่งหรือสองข้อจากสามข้อ ดังนี้ (1) เมื่อสัตว์ชนิด B เข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมนี้ ขนาดประชากรของสัตว์ชนิด A จะลดลง (2) สัตว์ทั้งสองชนิดกินอาหารต่างกัน ดังนั้นสัตว์ทั้งสองชนิดจะไม่แข่งขันกันกินอาหาร (3) สัตว์ชนิด B กินสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเช่นเดียวกับชนิด A ดังนั้นสัตว์ชนิด B สามารถกินสัตว์ชนิด A ได้	แสดงหลักฐานครบทั้งสามข้อดังนี้ (1) เมื่อสัตว์ชนิด B เข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมนี้ ขนาดประชากรของสัตว์ชนิด A นั้นจะลดลง (2) สัตว์ทั้งสองชนิดกินอาหารต่างกัน ดังนั้นสัตว์ทั้งสองชนิดจะไม่แข่งขันกันกินอาหาร (3) สัตว์ชนิด B กินสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเช่นเดียวกับชนิด A ดังนั้นสัตว์ชนิด B สามารถกินสัตว์ชนิด A ได้

ตารางที่ 4 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องผู้ล่าและเหยื่อ (ปรับจาก McNeill and Krajcik, 2008C: 116) (ต่อ)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	1	2	3
การให้เหตุผล	ให้เหตุผลไม่เหมาะสม เช่น พวกมันเป็นสัตว์ที่แตกต่างกัน หรือไม่มีการให้เหตุผล	กล่าวถึงหลักฐานซ้ำอีกครั้ง หรือกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างผู้ล่ากับเหยื่อไม่สมบูรณ์ เช่นผู้ล่ากินสัตว์ชนิดอื่นๆ	กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของความสัมพันธ์แบบสมบูรณ์ คือ ผู้ล่าจะกินเหยื่อและเมื่อผู้ล่าเข้าไปอยู่ในสภาพแวดล้อมใหม่ก็จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ประชากรเหยื่อลดลง

3. การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ มีประเด็นที่นำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (2) ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่ละประเด็นมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ความสำคัญของการโต้แย้งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การศึกษาวิทยาศาสตร์ในมุมมองปัจจุบันยังคงปฏิบัติด้วยฐานของ “Positivist View” คือการมีมุมมองว่าวิทยาศาสตร์คือการสังเกตและการทดลอง โดยเน้นการยืนยันผลการการทดลองและการฝึกปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ทำให้วิทยาศาสตร์คือความสำเร็จที่เกิดจากการค้นพบ เป็นเหตุให้การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นอย่างจำกัด และยังเป็นการจำกัดโอกาสของนักเรียนที่จะได้รับรู้กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้กระบวนการสร้างความหมายและกระบวนการสร้างความรู้ถูกมองข้ามไปในการสอนวิทยาศาสตร์ (Millar and Osborne, 1998 อ้างถึงใน Driver et al., 2000: 289-290) ด้วยเหตุนี้ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงพยายามเปลี่ยนมุมมองใหม่ โดยเน้นว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคมของการสร้างความรู้ (Social Process of Knowledge Construction) และ

วิทยาศาสตร์คือกระบวนการสร้างความรู้ทางสังคมที่มีการโต้แย้งเป็นกิจกรรมสำคัญเพื่อนำเสนอความรู้สู่สาธารณะ ดังเช่นทัศนะของ Millar and Driver (1998 อ้างถึงใน Driver et al., 2000: 290) ที่กล่าวว่า “กระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคม และกิจกรรมหลักของวิทยาศาสตร์คือการโต้แย้ง” ขณะที่ Osborne et al. (2004 อ้างถึงใน McNeill, 2009: 234) กล่าวว่า “วิทยาศาสตร์ไม่ใช่การสำรวจหรือจดจำข้อเท็จจริง แต่เป็นการสร้างข้อโต้แย้ง พิจารณาและโต้แย้งคำอธิบายของปรากฏการณ์ต่างๆ” เช่นเดียวกับ Kuhn (1993 อ้างถึงใน Zohar and Nemet, 2002: 39)อธิบายว่า “วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมโดยมีการโต้แย้งเป็นหัวใจสำคัญ การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรเน้นในเรื่องนี้เพื่อส่งเสริมวิธีคิดโดยไม่จำกัดเพียงแค่ความรู้และข้อเท็จจริงเท่านั้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ใช้การโต้แย้งจึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้าถึงการปฏิบัติเช่นเดียวกับสังคมวิทยาศาสตร์”

นอกจากนี้ ยังมีอีกหนึ่งมุมมองเกี่ยวกับการโต้แย้งที่สะท้อนความสำคัญของการโต้แย้งที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การโต้แย้งสามารถนำไปสู่เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เน้นความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ดังนั้น วิธีการที่จะช่วยส่งเสริมเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้างความรู้ การอธิบายและการประเมินความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการนั้นคือการใช้การโต้แย้ง (Driver et al., 2000; Duschl and Osborne, 2002 อ้างถึงใน Sampson and Clark, 2009A: 450) นอกจากนี้ Osborne et al. (2004 อ้างถึงใน Sampson and Clark, 2009A: 451) แนะนำว่าวิธีการโต้แย้งนี้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้เพราะได้พัฒนาการเรียนที่สะท้อนถึงความรู้และความเข้าใจในมโนทัศน์ เนื่องจากผลผลิตของการโต้แย้งสะท้อนการรู้ของผู้สร้างเองว่ามีความรู้ถูกต้องหรือไม่ ขณะที่ Berland and Reiser (2009: 27) ให้ความเห็นว่า “การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์และการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญใน 2 ประเด็น คือ (1) นักเรียนควรใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิด และถ้าหากการศึกษาวิทยาศาสตร์ต้องการที่ให้กระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องเข้าใจเกี่ยวกับคำอธิบาย รวมถึงกระบวนการสร้างคำอธิบาย” สอดคล้องกับ Ford and Forman (2006 อ้างถึงใน Berland and Reiser, 2009: 27) อธิบายว่า “การเรียนรู้ในสังคมของทั้งนักวิทยาศาสตร์และนักเรียนคือกระบวนการสร้าง ทดสอบและปรับปรุงความเข้าใจด้วยการโต้แย้งเกี่ยวกับวิธีการที่ดีที่สุดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือกล่าวได้ว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นโดยการโต้แย้ง”

โดยสรุป การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาถือเป็นหัวใจสำคัญของการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และเป็นการพัฒนาความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ทำให้มุมมองของการพัฒนาผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปโดยเน้นการสืบสอบ การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้มีทั้งความรู้และเข้าใจกระบวนการสร้างความรู้ วิธีการหนึ่งที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าเป็นแนวทางสำคัญในการเข้าถึงเป้าหมายดังกล่าวคือการโต้แย้ง เพราะความรู้และกระบวนการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการโต้แย้งในสังคมเพื่อให้ได้คำอธิบายปรากฏการณ์ที่ดีที่สุด เป็นที่ยอมรับมากที่สุด ดังนั้นการให้ความสนใจกับการโต้แย้งจึงเสมือนการให้ความสนใจกับสิ่งที่เป็นหัวใจของวิทยาศาสตร์ และการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สร้างข้อโต้แย้งจึงเป็นการให้โอกาสในการสร้างความหมายทั้งระดับบุคคลและสังคม และยังเป็นการให้กลยุทธ์สำหรับการประเมินและการวิจารณ์หลักฐานทางวิทยาศาสตร์เฉพาะเรื่อง การกระทำเช่นนี้จึงเป็นการช่วยพัฒนาความเข้าใจในสาระพร้อมกับกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติเช่นเดียวกับสังคมวิทยาศาสตร์ที่มีการโต้แย้งและสร้างความรู้โดยใช้หลักฐานและเหตุผล (McNeill, 2009: 235)

3.2 **ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์**

นักวิชาการและนักวิจัยได้ให้ความหมายของคำว่า “การโต้แย้ง (Argumentation)” และ “ข้อโต้แย้ง (Argument)” เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจและไม่ให้เกิดความสับสนในการใช้คำศัพท์ทั้งสอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนอความหมายของทั้งสองคำ และนำเสนอความหมายของคำว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Argumentation)” ดังนี้

3.2.1 **ความหมายของการโต้แย้ง**

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการโต้แย้งไว้ดังต่อไปนี้

Van Emeren (1995: 154) กล่าวว่า “โดยนิยามแล้ว การโต้แย้ง หมายถึง การตอบสนองต่อความสงสัย ความคิดเห็นที่ตรงข้าม วัตถุประสงค์ หรือการแย้งต่อสิทธิ ซึ่งมีการสร้างและการให้เหตุผลหรือคัดค้าน เพื่อปรับให้เข้ากับการแก้ไขปัญหาที่มีความเห็นแตกต่างกัน”

Kuhn and Udell (2003: 1245) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการสนทนาระหว่างบุคคลซึ่งบุคคลสองฝ่ายหรือมากกว่าทำการโต้แย้งข้อกล่าวอ้างที่ตรงข้ามกับความคิด”

Van Emeren and Grootendorst (2004: 1) กล่าวว่า “การโต้แย้ง คือกิจกรรมที่เป็นคำพูด เหตุผล และเป็นกิจกรรมทางสังคม ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อจูงใจด้วยการวิจารณ์เหตุผลในจุดยืนที่เป็นที่ยอมรับของกลุ่ม ซึ่งแสดงจุดยืนนั้นด้วยการอธิบายหรือปฏิเสธข้อเสนอ”

Jimenez-Aleixandre and Erduran (2007: 3) นิยามการโต้แย้งใน 2 มุมมอง คือ (1) การโต้แย้งเป็นการอธิบายความรู้โดยใช้เหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ จากมุมมองมองนี้หมายถึงการสร้างความหมายของแต่ละบุคคลที่เกิดขึ้นในความคิด การเขียนหรือการพูดคุยโดยใช้หลักฐานและเหตุผลในการประเมินและตัดสินข้อกล่าวอ้างที่แข่งขันกัน (2) การโต้แย้งคือการสร้างความหมายทางสังคม การโต้เถียงหรือการถกเถียงระหว่างบุคคล เป็นกิจกรรมทางสังคมที่บุคคลพยายามโน้มน้าวผู้อื่นด้วยการพูดหรือเขียนข้อยืนยันเฉพาะเรื่อง

Kolstø and Ratcliffe (2007: 118) กล่าวว่า “การโต้แย้งคือการให้เหตุผลแบบไม่เป็นทางการ มี 2 แบบคือการโต้แย้งโดยบุคคลและการโต้แย้งโดยสังคม ความหมายในแบบของบุคคลเกี่ยวข้องกับสำนวนโวหารและสถานการณ์ที่มีการสร้างมุมมองที่เป็นจุดยืนของตนเอง ส่วนความหมายในแบบของสังคมอ้างถึงการโต้แย้งระหว่างบุคคล”

Bricker & Bell (2008: 474) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึง การอภิปรายหรือโต้แย้งที่หมายรวมถึงการค้นหาความหมาย ทำความเข้าใจและการให้เหตุผล”

Sampson and Clark (2009A: 456) กล่าวว่า “การโต้แย้ง หมายถึง กระบวนการในการสร้างคำอธิบาย สร้างข้อโต้แย้งและวิจารณ์เนื้อหาและผลผลิตของกระบวนการสืบสอบ”

จากความหมายของการโต้แย้งข้างต้น สรุปว่าการโต้แย้ง หมายถึง กิจกรรมทางสังคมที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายที่ประกอบด้วยเหตุผล ทฤษฎีและหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อวิจารณ์ ประเมิน แสดงความเห็นด้วยหรือปฏิเสธ รวมทั้งโน้มน้าวผู้อื่นด้วยการพูด การเขียนข้อยืนยันเฉพาะเรื่อง

3.2.2 **ความหมายของข้อโต้แย้ง**

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของข้อโต้แย้งไว้ดังต่อไปนี้

Willard (1989: 1) กล่าวว่า “ข้อโต้แย้ง คือ แบบของปฏิสัมพันธ์ซึ่งบุคคลสองคนหรือมากกว่ารักษาสิ่งที่ตีความ วิเคราะห์ จุดยืนที่ไม่ลงรอยกัน”

Blackburn (1994: 23) นิยามข้อโต้แย้งโดยเขียนลงใน The Oxford Dictionary of Philosophy ซึ่งกล่าวว่า “ข้อโต้แย้งเป็นตรรกะแบบเป็นทางการ (Formal Logic) เพื่อโต้แย้ง เพื่อสร้างการพิจารณา และออกแบบเพื่อสนับสนุนข้อสรุป ข้อโต้แย้งยังเป็นกลุ่มของข้อเสนอที่อ้างเหตุผล หลักฐาน รูปแบบของการ

อ้างอิงและการสรุป ข้อโต้แย้งอาจเป็นเหตุผลแบบนิรนัยในกรณีที่ข้อสรุปมาจากการอ้างหลักฐานหรืออาจเป็นการให้มโนทัศน์ด้วยวิธีอื่น”

Means and Voss (1996: 141) อ้างอิงคำนิยามของ Angell (1964) ซึ่งกล่าวว่า “ข้อโต้แย้ง หมายถึง ข้อสรุปที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อยที่สุดหนึ่งเหตุผล”

จากความหมายของข้อโต้แย้งข้างต้น สรุปว่าข้อโต้แย้ง หมายถึง ข้อความที่แสดงถึงข้อสรุปหรือข้อเสนอที่มีการอธิบายด้วยการอ้างเหตุผลและหลักฐานเชิงประจักษ์ เพื่อเป็นการแสดงออกว่าเห็นด้วยหรือคัดค้าน

3.2.3 **ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์**

นักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Kuhn (1993: 323) กล่าวว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการนำเสนอ สนับสนุน ประเมินและปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเกิดขึ้นภายในกลุ่มและภายใต้ระเบียบวิธีที่สะท้อนคุณค่าของสังคมวิทยาศาสตร์”

Okada and Shum (2008: 291) อ้างอิงคำนิยามของ Suppe (1998) ซึ่งกล่าวว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการเชื่อมโยงหลักฐานและทฤษฎี เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธข้อกล่าวอ้าง รูปแบบ หรือคำพยากรณ์ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์”

Stark et al. (2009: 52) ให้นิยามการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การใช้กฎและการใช้หลักฐานสนับสนุน เพื่อเขียนข้อกล่าวอ้าง หรือหมายถึงกระบวนการสร้างข้อเสนอจากข้อเท็จจริงหรือข้อมูล”

Sampson and Gerbino (2010: 427) อ้างอิงคำนิยามของ Norris et al. (2007) ซึ่งกล่าวว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่แสดงถึงความพยายามในการสร้างและตรวจสอบความถูกต้องของข้อกล่าวอ้างบนพื้นฐานของการให้เหตุผล”

Berland and Reiser (2011: 192) กล่าวว่า “การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การปฏิบัติทางสังคมที่แสดงถึงกระบวนการที่สมาชิกในสังคมสร้างความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ โดยใช้การศึกษา ประเมินผล วิพากษ์วิจารณ์และปรับปรุงข้อกล่าวอ้าง”

จากความหมายของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอข้างต้น สรุปว่าการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนของสังคมวิทยาศาสตร์ที่แสดงถึงการสร้าง นำเสนอ ประเมิน ตรวจสอบ และปรับปรุงข้อกล่าวอ้างโดยใช้ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎีและหลักฐาน

3.3 ประโยชน์ของการโต้แย้งต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้มุมองของการโต้แย้งว่าเป็นการปฏิบัติอันเป็นแก่นของสังคมวิทยาศาสตร์ และเป็นสิ่งที่สมควรอย่างยิ่งแก่นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวถึงประโยชน์ของการโต้แย้งไว้ดังต่อไปนี้

Newton et al. (1999 อ้างถึงใน Dawson and Venville, 2010: 134) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) การโต้แย้งเป็นกระบวนการพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้น หากนักเรียนได้โต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์จึงนับว่าเป็นการเริ่มต้นการทำความเข้าใจเกณฑ์และการอภิปรายเชิงวิทยาศาสตร์ และทำให้เข้าใจวิธีการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย

(2) กิจกรรมของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ที่ให้โอกาสผู้ที่มีส่วนร่วมได้อภิปรายนั้น จะทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จึงนับเป็นการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะการพูดหรือการเขียนเป็นการอธิบายมโนทัศน์ ส่งเสริมการคิดตัดสินใจ ทำให้เกิดความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

(3) ทักษะการโต้แย้งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจและนำเสนอข้อโต้แย้งในเชิงตรรกะและมีความเชื่อมโยงต่อกัน อีกทั้งการเขียนข้อโต้แย้งยังส่งเสริมการมีส่วนร่วมในสังคมอันเป็นสิ่งที่คาดหวังในสังคมประชาธิปไตย

Jimnez-Aleixandre and Erduran (2007: 5) ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ แล้วสรุปประโยชน์ของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

(1) การโต้แย้งส่งเสริมการเข้าถึงกระบวนการทางปัญญาและเมตาคอกนิชั่น ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองทางปัญญาและการพิจารณาว่าห้องเรียนนั้นเสมือนสังคมของนักเรียน

(2) การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของสมรรถนะการสื่อสารและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองของทฤษฎีการสื่อสารและมุมมองด้านสังคมและวัฒนธรรม

(3) การโต้แย้งส่งเสริมความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการพูดและการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านการศึกษาทางภาษาและสังคม

(4) การโต้แย้งส่งเสริมให้นักเรียนได้รับวัฒนธรรมการปฏิบัติแบบนักวิทยาศาสตร์และพัฒนาเกณฑ์ในการประเมินความรู้ ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะด้านทฤษฎีความรู้

(5) การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของการให้เหตุผล โดยเฉพาะการให้เหตุผลกับทฤษฎีหรือจุดยืนที่แตกต่างกัน ประโยชน์ข้อนี้มาจากมุมมองด้านปรัชญาวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Jimnez-Aleixandre and Erduran (2007: 11) ได้สรุปประโยชน์ของการโต้แย้งตามเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งกล่าวว่า “การศึกษาวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายสำคัญ 2 ประการ คือ (1) วิทยาศาสตร์สำหรับปวงชน (Science for All) และ (2) วิทยาศาสตร์สำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่คาดหวัง (Science for Prospective Scientist) การโต้แย้งสามารถเข้าถึงเป้าหมายถึงสองประการได้ เพราะเป็นการพัฒนากระบวนการทางปัญญาขั้นสูง สามารถเข้าถึงวัฒนธรรมของการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในทฤษฎีความรู้”

4. รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ

การศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ มีประเด็นที่นำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน (2) รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E และ (3) รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลการวิธีโต้แย้ง แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐาน

ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่นำเสนอต่อไปนี้ คือ ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) และแนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ (Social Constructivist Approach) ซึ่งทฤษฎีและแนวคิดดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอสาระสำคัญ ดังนี้

4.1.1 ทฤษฎีสรรคนิยม

ทฤษฎีสรรคนิยมมีความเชื่อหรือสมมติฐานสำคัญ คือ บุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากพื้นฐานของความรู้เดิม (Brandon and All, 2010: 90) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม ขณะที่สังคมเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น สร้างปฏิสัมพันธ์และกำหนดขอบเขตของสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยทฤษฎีสรรคนิยมเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา ไม่เน้น

พฤติกรรมการเรียนรู้ นักสรรคนิยมเชื่อว่าสมองของมนุษย์ไม่ใช่สิ่งที่ว่างเปล่า ดังนั้น ครูไม่สามารถให้หรือบรรจุข้อมูลลงในสมองของนักเรียนได้โดยตรง แต่แนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น นักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการตีความและสร้างความหมายเพื่อเชื่อมโยงกับเรื่องที่กำลังจะเรียน (Llewellyn, 2005: 28)

ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญา (Theory of Cognition) มีรากฐานจากปรัชญา สังคมวิทยา จิตวิทยาและการศึกษา (Hoover, 1996 อ้างถึงใน Brandon and All, 2010: 90) โดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าบุคคลแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive Structure) หรือเรียกว่า “Schema” โครงสร้างทางปัญญานี้ประกอบด้วยความหมาย หรือความเข้าใจเกี่ยวกับประสบการณ์นั้น นักเรียนสร้างความหมายโดยใช้เครื่องมือทางปัญญา (Cognitive Apparatus) ของตน ความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่สามารถถ่ายทอดจากครูไปสู่นักเรียนได้ แต่จะถูกสร้างขึ้นในสมองของนักเรียน จากความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของนักเรียนกับโลกภายนอก โครงสร้างทางปัญญานี้เป็นผลมาจากความพยายามทางความคิด (Mental Effort) หากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้องจะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลคงเดิมและมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้องนักเรียนจะสงสัย คับข้องใจ หรือที่เพียเจต์กล่าวว่าเกิดภาวะไม่สมดุล (Disequilibrium) เมื่อเกิดความขัดแย้งขึ้น นักเรียนมีทางเลือก 3 ทาง คือ (1) ยึดติดกับความคิดเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของตน ปฏิเสธข้อมูลจากประสาทสัมผัสหรือหาเหตุผลที่หักล้างข้อมูลจากประสาทสัมผัสออกไป (2) ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญา โดยการพยายามที่จะเชื่อมโยงความคิดหรือประสบการณ์เดิมกับความคิดหรือประสบการณ์ใหม่ ในลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายขึ้น และ (3) ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ โดยภาวะที่ไม่สมดุลเกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกกับโลกภายในของนักเรียนผ่านประสาทสัมผัส กลไกทางประสาท สรีรวิทยา ชีวเคมี การรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญาเรียกว่า “กระบวนการดูดซึม (Assimilation)” เมื่อเกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้น จะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการปรับให้เหมาะ (Accommodation)” ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง (ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544: 32-33)

ในปัจจุบัน ทฤษฎีสรรคนิยมได้ใช้เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้อย่างกว้างขวาง ดังนั้น นักการศึกษาและนักจิตวิทยาทางสติปัญญา จึงได้นำเสนอหลักการสำคัญหรือลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้และการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าว ซึ่งนำเสนอตามลำดับดังนี้

ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33) ได้สรุปลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรคนิยม 4 ประการ ดังนี้

(1) การเรียนรู้เป็น “Active Process” ที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล

(2) กระบวนการสร้างความรู้เกิดขึ้นได้โดยบุคคลใช้ข้อมูลที่ได้รับมาใหม่ร่วมกับข้อมูลหรือความรู้ที่มีอยู่แล้วจากแหล่งต่างๆ เช่น สังคม สิ่งแวดล้อม รวมทั้งประสบการณ์เดิมมาเป็นเกณฑ์ช่วยการตัดสินใจ

(3) ความรู้และความเชื่อของบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียม ประเพณี และสิ่งที่บุคคลได้พบเห็น ข้อมูลทั้งหลายเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจและสร้างแนวคิดใหม่

(4) ความเข้าใจมีความแตกต่างจากความเชื่อ และความเชื่อเป็นผลโดยตรงต่อการสร้างแนวคิดหรือการเรียนรู้

Jia (2010: 197-198) ได้สรุปหลักการสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ไว้ดังนี้

(1) ความรู้ คือ คำอธิบายและสมมติฐาน ไม่ใช่คำตอบสุดท้ายของคำถาม ความรู้ไม่สามารถสรุปเป็นกฎของธรรมชาติที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ ความรู้ไม่ได้อยู่ในรูปแบบทางภาษาหรือมีอยู่อย่างจำเพาะแต่ภาษาและสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นสิ่งที่สนับสนุนความรู้ ดังนั้น บุคคลจึงอาจมีความเข้าใจต่อเรื่องเดียวกันไม่ตรงกัน โดยความเข้าใจดังกล่าวเกิดจากพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล

(2) การเรียนรู้ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับบุคคล สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยเริ่มต้นจากการรับข้อมูลแล้วสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับข้อมูลที่ได้รับ หรือกล่าวได้ว่า สิ่งเร้าภายนอกที่กระตุ้นประสัมผัสเพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีความหมายต่อการเรียนรู้ หากแต่การเรียนรู้ที่แท้จริงคือ การสร้างความรู้ด้วยพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมที่เชื่อมโยงกับสิ่งเร้าภายนอก

(3) ทฤษฎีสรรคนิยมมีความเชื่อว่านักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม โดยนักเรียนเข้ามาเรียนเพื่อสร้างคำอธิบายและสมมติฐานของเรื่องที่เรียนโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม ดังนั้น การสอนจึงควรเป็นกระบวนการที่ดึงเอาความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์ใหม่

(4) ทฤษฎีสรรคนิยมได้เน้นว่าบทบาทของครูเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้ริเริ่มและผู้สั่งสอน มาเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ เป็นผู้แนะนำและเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน ซึ่งบทบาทดังกล่าวนี้เป็นการ

เปลี่ยนแปลงแนวคิดการยึดครูเป็นศูนย์กลางมาสู่แนวคิดการยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การกำกับดูแลของครูตลอดระยะเวลาของกระบวนการจัดการเรียนรู้

Taber (2006 อ้างถึงใน Sjøberg, 2007: 3) สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมไว้ 7 ประการ ดังนี้

(1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้อย่างกระตือรือร้น การเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติของนักเรียนเอง ไม่ได้เกิดจากกำหนดหรือถ่ายทอดจากผู้อื่น

(2) ความรู้จะถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนที่อยู่ในสถานการณ์แห่งการเรียนรู้ (Learning Situation)

(3) นักเรียนมีความรู้ ความคิดเป็นของตนเอง และความรู้ ความคิดของตนเองนั้นถูกใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ

(4) ความรู้หรือความคิดของบุคคลอาจเปลี่ยนแปลงได้ยาก

(5) ความรู้อยู่ภายในสมอง โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างทางปัญญา

(6) หากต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงความรู้หรือความคิดของนักเรียน จำเป็นต้องดึงเอาความรู้หรือความคิดเดิมของนักเรียนออกมา

(7) แม้ว่าความรู้จะเป็นของนักเรียนแต่ละคน แต่นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก สังคม วัฒนธรรมและการใช้ภาษา

Hendry (1996 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 5-6) ได้สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีสรรคนิยมไว้ 7 ประการ ดังนี้

(1) ความรู้ปรากฏอยู่ในสมองของบุคคล ความรู้ไม่ได้อยู่บนกระดานหรืออยู่ในหนังสือ

(2) การสร้างความหมายหรือตีความสิ่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล ดังนั้นความเข้าใจในสิ่งเดียวกันจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล

(3) ความรู้สร้างขึ้นภายในตัวบุคคล ซึ่งเชื่อมโยงความรู้เดิมกับโลกภายนอก นักเรียนไม่สามารถซึมซับความรู้ที่ผู้อื่นถ่ายทอดได้ แต่เป็นการสร้างความรู้ได้ด้วยด้วยตนเอง

(4) ความรู้ไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดเพียงประการเดียว เพียงแต่ความรู้นั้นเหมาะสมหรือเป็นประโยชน์มากหรือน้อย ดังนั้นความรู้ทั้งหลายสามารถสร้างใหม่และเปลี่ยนแปลงได้

(5) การสร้างความรู้เป็นผลมากจากพัฒนาการทางชีวภาพและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

(6) ความรู้สร้างขึ้นได้ด้วยการรับรู้และการปฏิบัติ

(7) การสร้างความรู้ต้องอาศัยพลังและระยะเวลา โดยที่บุคคลส่วนใหญ่ต้องการแรงจูงใจ การสนับสนุนและสภาพแวดล้อมที่ท้าทายต่อการเรียนรู้

โดยสรุป ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีทางสติปัญญาที่มีรากฐานจากปรัชญา จิตวิทยา สังคมวิทยา และการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งอธิบายการเรียนรู้ว่า บุคคลจะเรียนรู้ด้วยการนำสิ่งที่พบเห็นมาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยใช้วิธีการเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกกับโลกภายในของตนเอง ผ่านประสาทสัมผัสและการรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา ซึ่งเรียกว่า “กระบวนการดูดซึม” ทำให้เกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้น เพราะเกิดความขัดแย้งระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ จึงส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาโดยกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการปรับให้เหมาะ” ซึ่งจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อตนเอง ดังนั้นพื้นฐานความเชื่อหรือสมมติฐานสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามทฤษฎีนี้ คือ บุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือประสบการณ์ใหม่ที่ผ่านประสาทสัมผัสกับความรู้และประสบการณ์เดิม การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง ขณะที่สังคมเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้น สร้างปฏิสัมพันธ์และกำหนดขอบเขตในการเรียนรู้

สำหรับหลักการสำคัญหรือลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้และการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

(1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ไม่สามารถสร้างความรู้ได้ด้วยการรับจากการถ่ายทอดโดยผู้อื่น

(2) การสร้างความรู้ผลมากจากพัฒนาการทางชีวภาพ ความรู้และประสบการการณ์เดิมของแต่ละบุคคล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ

(3) ความรู้และความเชื่อของบุคคลจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม ขนบธรรมเนียม ประเพณี และสิ่งที่บุคคลได้พบเห็น ดังนั้นความเข้าใจในสิ่งเดียวกันอาจจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล

(4) กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นในระดับบุคคล เกิดขึ้นด้วยการรับรู้ การปฏิบัติอย่างกระตือรือร้น และต้องอาศัยระยะเวลา

ทฤษฎีสรรคนิยมเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่ไม่มีแนวปฏิบัติหรือวิธีการสอนอย่างเฉพาะเจาะจง การนำทฤษฎีสรรคนิยมมาประยุกต์เพื่อใช้จัดการเรียนการสอนจึงมีนักจิตวิทยาการเรียนรู้และนักการศึกษาได้นำเสนอแนวคิดไว้แตกต่างกัน ดังที่ McInerney and McInerney (2002: 4) สรุปว่า “ทฤษฎีสรรคนิยมแบ่งเป็น 3 แนวคิด คือ (1) แนวคิดแรดคอลคอนสตรักติวิสต์ (Radical Constructivist) หรือแนวคิดเพอซัลนอลคอนสตักติวิสต์ (Personal Constructivist) คือ แนวคิดที่เน้นว่าการสร้างความรู้เกิดขึ้นในระดับปัจเจก (2) แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ (Social Constructivist) เน้นว่าการสร้างความรู้ของบุคคลเกิดขึ้นจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น และ (3) แนวคิดคอนสตรักติวิสต์แบบการประมวลผลข้อมูลข่าวสาร (Information Processing Constructivist) ซึ่งเน้นว่าการสร้างความรู้ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมภายนอกกับความตั้งใจของบุคคลในการสร้างความรู้”

จากแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยมข้างต้น ผู้วิจัยขอนำเสนอสาระสำคัญและรายละเอียดเกี่ยวกับแนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ เนื่องจากเป็นแนวคิดที่ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่ผู้วิจัยใช้การวิจัยครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดของแนวคิดดังกล่าว ดังนี้

4.1.2 แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์

ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544: 33) กล่าวสรุปว่า “แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์มีรากฐานมาจากปรัชญาสรรคนิยมที่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ที่มีอยู่เดิม เช่นเดียวกับ Crowl et al. (1997: 69) ที่กล่าวว่า “แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ยังคงมีพื้นฐานความเชื่อที่ว่าความรู้คือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นได้เอง แต่เกิดขึ้นจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น” ขณะที่ Kozulin and Presseisen (1995 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 45) ที่กล่าวสรุปว่า “ไวกอสกี้ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาในสมัยเดียวกับเพียเจต์แต่มีความคิดเห็นแตกต่างกัน โดยไวกอสกี้ให้ความเห็นว่า “การเรียนรู้ไม่ใช่กระบวนการที่โดดเดี่ยวดังเช่นทฤษฎีของเพียเจต์แต่เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวัฒนธรรมทางสังคม”

ตามแนวคิดนี้ มนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งนอกจากสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติแล้ว ก็ยังมีสิ่งแวดล้อมทางสังคมซึ่งก็คือวัฒนธรรมที่แต่ละสังคมสร้างขึ้น ดังนั้นสถาบันทางสังคมต่างๆ เริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล (ทิศนา

แขมมณี, 2551: 91) และการทำความเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดู เพราะตั้งแต่แรกเกิด มนุษย์จะได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์ คือ "วัฒนธรรม" ซึ่งวัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะช่วยบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก เป็นต้นว่าเด็กควรจะเรียนรู้อะไรบ้าง ควรมีความสามารถทางใดบ้าง (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 61)

นอกจากนี้ Mclnerney and Mclnerney (2002: 45) ได้ขยายความในประเด็นอิทธิพลของวัฒนธรรมที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการรับรู้ของเด็ก โดยที่เด็กจะเกิดมาด้วยการรับรู้ที่มีขอบเขตกว้าง มีความสนใจและมีความจำอยู่แล้วระดับหนึ่งและจะมีการเปลี่ยนแปลงตามบริบทของสังคมและการศึกษา โดยเฉพาะการใช้กลไกทางวัฒนธรรม ได้แก่ เครื่องมือ (Tools) และเครื่องหมาย (Sign) โครงสร้างทางสังคม (Social Structure) และระบบภาษา (Language System) เพื่อสร้างรูปแบบเฉพาะของปัญญามนุษย์ กลไกทางวัฒนธรรมที่ไวกอสกี้กล่าวถึงนั้นมีความหมายและบทบาทในการพัฒนาการเรียนรู้ ดังนี้

(1) **เครื่องมือ (Tools) และเครื่องหมาย (Sign)** เครื่องมือแสดงถึงผลผลิตทางวัฒนธรรม เช่น ระบบสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น มีบทบาทสำคัญต่อการเรียนรู้ 2 ประการ ได้แก่ (1) เครื่องมือนั้นจะนำไปสู่วิธีการแสดงออกหรือการกระทำ (2) เครื่องมือแสดงบทบาทเป็นสิ่งสนับสนุนทางปัญญา ซึ่งจะทำให้ความรู้ขยายตัวไปสู่ขอบเขตที่เกี่ยวข้อง (Mclnerney and Mclnerney, 2002: 45) ส่วนเครื่องหมายเป็นสิ่งที่ใช้แทนวัตถุสิ่งของที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรม แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ (1) Indexical Sign หมายถึง เครื่องหมายที่แทนความสัมพันธ์แบบสาเหตุและผล เช่น ควันไฟเป็นเครื่องหมายของไฟ (2) Iconic Sign หมายถึง เครื่องหมายที่เป็นภาพแทนความหมายสิ่งต่างๆ เช่น เครื่องหมายห้ามจอด (3) Symbolic Sign หมายถึง เครื่องหมายที่เป็นสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เป็นนามธรรม ช่วยในการคิด แก้ปัญหา เช่น ภาษา การใช้สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 64)

(2) **โครงสร้างทางสังคม (Social Structure) และระบบภาษา (Language System)** โดยโครงสร้างทางสังคมแสดงถึงกลุ่มของครอบครัว สังคม การเมือง ศาสนาและองค์กร ขณะที่ระบบภาษาเป็นระบบสัญลักษณ์ทางศิลปะและดนตรี Mclnerney and Mclnerney (2002: 45) กล่าวว่า "เด็กนั้นถูกล้อมรอบด้วยวัฒนธรรม ทำให้เด็กเกิดรูปแบบของการพัฒนาทางปัญญาได้โดยตรง ดังนั้นการเรียนรู้มาจากการที่บุคคลรวบรวมกิจกรรมที่ได้ร่วมมือกับผู้อื่น การพัฒนาทางปัญญาไม่ได้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางปัญญา เพราะเราเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและสังคมมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้" ขณะที่ Crowl et al. (1997: 69) กล่าวว่า "เด็กจะเริ่มเรียนรู้เกี่ยวกับโลกและใช้ภาษาในการสร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับโลก กฎเกณฑ์และคุณค่าทางวัฒนธรรม

แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์กล่าวถึงการแบ่งระดับเชาวน์ปัญญา และพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา สรุปได้ดังนี้

(1) การแบ่งระดับของเชาวน์ปัญญา

ไวกอสกี้ (1978 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2544: 62; Crowl et al., 1997: 70) ได้แบ่งระดับของเชาวน์ปัญญาออกเป็น 2 ขั้น คือ

1.1) **ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นเบื้องต้น** (Elementary Mental Processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้ และเป็นเชาวน์ปัญญาที่เกิดขึ้นแบบอัตโนมัติและเป็นเชาวน์ปัญญาที่จำเป็นเพื่อการอยู่รอด เช่น เด็กสามารถดูดนม สามารถใช้ส่วนต่างๆ ของร่างกายจับต้องสัมผัส ตรวจสอบสิ่งแวดล้อมรอบตัว สามารถช่วยเหลือตัวเองตามธรรมชาติ เช่น ใช้มือ เกาะเก้าอี้หรือม้านั่งเพื่อที่จะยืนได้ เป็นต้น

1.2) **ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง** (Higher Mental Processes) หมายถึง เชาวน์ปัญญาที่พัฒนาขึ้นโดยคุณค่าและความรู้จากสังคมและวัฒนธรรมที่เด็กได้รับ รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู การถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา การที่เด็กจะเรียนรู้ภาษาหรือได้รับการถ่ายทอดวัฒนธรรมทางสังคมจะทำให้เด็กเรียนรู้ความคิดรวบยอดและสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเข้าใจสิ่งแวดล้อม

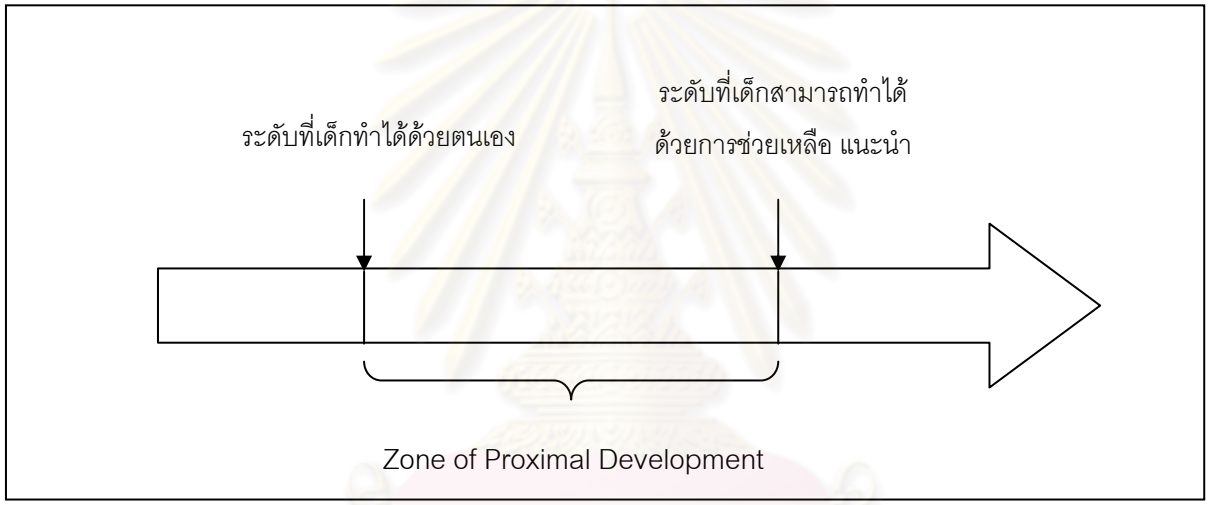
อย่างไรก็ตาม สุรางค์ โค้วตระกูล (2544: 62) แสดงทัศนะเกี่ยวกับการแบ่งระดับเชาวน์ปัญญาดังกล่าวว่า “แม้ว่าไวกอสกี้จะแบ่งระดับขั้นพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเป็นสองระดับ แต่ไม่ได้หมายความว่าทั้งสองระดับมีความแตกต่างกันอย่างเด็ดขาด เพียงแต่แตกต่างกันในเชิงคุณภาพ ไม่ได้แตกต่างกันในเชิงปริมาณ” ขณะที่ Crowl et al. (1997: 70) ให้ความเห็นว่า “ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นเบื้องต้นมีความจำเป็นต่อการอยู่รอดและเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเชาวน์ปัญญาไปสู่ระดับเชาวน์ปัญญาขั้นสูง”

(2) พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญา

ไวกอสกี้ (1978 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2551: 92) อธิบายว่า “โดยปกติเมื่อมีการวัดพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเด็ก มักจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานในการวัดเพื่อดูว่าเด็กอยู่ในระดับใด โดยดูว่าสิ่งที่เด็กทำได้นั้นเป็นสิ่งที่เด็กในระดับอายุใดโดยทั่วไปสามารถทำได้ ดังนั้นผลการวัดจึงเป็นการบ่งบอกถึงสิ่งที่เด็กทำได้อยู่แล้ว คือเป็นระดับพัฒนาการที่เด็กบรรลุไปถึงแล้ว ดังนั้นข้อปฏิบัติที่ทำกันอยู่คือการสอนให้สอดคล้องกับพัฒนาการของเด็ก จึงเท่ากับเป็นการตอกย้ำให้เด็กอยู่ในพัฒนาการเดิม ไม่ได้ช่วยให้เด็กพัฒนาขึ้น แท้จริงแล้วเด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่ตนเป็นอยู่และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปให้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะเจริญเติบโต เรียกว่า “Zone of Proximal Development” หรือ “Zone of Proximal Growth” ซึ่งช่วงห่างนี้

จะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล แนวคิดนี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเกี่ยวกับการสอน ซึ่งเคยมีลักษณะเป็นเส้นตรงหรืออยู่ในแนวเดียวกัน เปลี่ยนแปลงไปเป็นอยู่ในลักษณะที่เหลื่อมล้ำกัน โดยการสอนจะต้องนำหน้าพัฒนาการเสมอ”

ไวกอสกี้ (1978: 86 อ้างถึงใน Mclnerney and Mclnerney, 2002: 46) ได้นิยาม Zone of Proximal Development ว่า “ระยะระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่ในปัจจุบันซึ่งเป็นศักยภาพที่เกิดจากจากการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างเป็นอิสระกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนาซึ่งเป็นศักยภาพที่เกิดจากแก้ปัญหาได้ด้วยการแนะนำของผู้ใหญ่หรือด้วยการร่วมมือกับเพื่อน” จากนิยามดังกล่าว Crowl et al. (1997: 71) ได้สรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



แผนภาพที่ 3 Zone of Proximal Development (Crowl et al., 1997: 71)

นอกจากนี้ ไวกอสกี้ (1978: 86 อ้างถึงใน Crowl et al., 1997: 71) ได้อธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Zone of Proximal Development ว่า “ระยะห่างของการพัฒนานี้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของบุคคลและสถานการณ์ ดังเช่นการเปลี่ยนแปลงจากดอกไม้เปลี่ยนไปเป็นผลไม้” อย่างไรก็ตาม การที่เด็กจะเข้าถึงระดับที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนา หรือข้ามผ่าน Zone of Proximal Development ผู้ใหญ่จำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือและแนะนำ ซึ่งไวกอสกี้ใช้คำว่า “Scaffolded Instruction” หรือ “Scaffolding” โดยที่ผู้ใหญ่จะเป็นผู้ที่คอยแนะนำให้กับเด็กด้วยการกล่าวถึงเป้าหมายหรือผลที่ต้องการให้เกิดความกระจ่าง ดังเช่นนั่งร้านที่ค่อยๆ เคลื่อนที่ไป เป็นการส่งเสริม สนับสนุนและชี้แนะเพื่อให้เด็กพยายามแก้ปัญหาได้ในระดับที่เหนือกว่าความรู้ที่เด็กมีอยู่ในปัจจุบัน

Gallimore and Trap (1990 อ้างถึงใน McInerney and McInerney, 2002: 47) ได้สรุปพัฒนาการของเด็กที่ข้ามผ่าน Zone of Proximal Development โดยแบ่งเป็น 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการแสดงออกด้วยการช่วยเหลือโดยผู้อื่นที่มีความสามารถในการพัฒนา เช่น พ่อแม่ ครูและเพื่อน

ขั้นที่ 2 ขั้นของการพึ่งพาที่น้อยลงและมีการแสดงออกที่เริ่มเกิดจากตนเอง โดยเด็กจะช่วยเหลือตนเองโดยใช้การพูดกับตัวเองโดยตรง การพูดกับตัวเองในสิ่งที่จะทำและเริ่มมีความรับผิดชอบต่อการชี้แนะตัวเอง (Self-Guidance) การควบคุมตนเอง (Self-Regulation) ต่อการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ขั้นการแสดงออกที่มีการพัฒนาแบบอัตโนมัติ ซึ่งในขั้นนี้การช่วยเหลือจากผู้อื่นและการสื่อสารกับตัวเองมีความจำเป็นอย่างมาก การแสดงออกในภาระงานของพัฒนาการในขั้นนี้จะมีความราบรื่น บูรณาการงานที่เกิดจากตนเองและมีความเป็นอัตโนมัติ

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงออกของเด็กที่เข้าสู่ Zone of Proximal Development อีกครั้ง คือเด็กเริ่มมีความเฉื่อยชาและต้องการความช่วยเหลือจากผู้อื่น

โดยสรุป แนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์นั้นเป็นแนวคิดที่ว่าด้วยการพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของมนุษย์ที่เน้นความสำคัญของสังคมและวัฒนธรรม เนื่องจากไวกอสกี้ผู้ซึ่งวางรากฐานของแนวคิดดังกล่าวเชื่อว่ามนุษย์เกิดมาพร้อมกับบริบททางสังคม ดังนั้นพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาจึงได้รับอิทธิพลจากบริบทสังคมโดยตรงผ่านการมีปฏิสัมพันธ์และระบบของภาษา ดังนั้น การที่นักเรียนจะสามารถสร้างความรู้ได้นั้นเกิดจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้ระหว่างบุคคล และการส่งเสริมพัฒนาการของเด็กนั้นต้องคำนึงถึง “Zone of Proximal Development” คือระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับพัฒนาการที่เด็กมีศักยภาพจะพัฒนา ซึ่งการส่งเสริมให้เด็กเข้าสู่ระดับที่มีศักยภาพในการพัฒนานั้น ผู้ใหญ่จำเป็นต้องให้ความช่วยเหลือ แนะนำ ส่งเสริมและสนับสนุน ซึ่งเรียกว่า “Scaffolding” ดังนั้นการส่งเสริมการเรียนรู้ตามแนวคิดดังกล่าวนี้ การจัดการเรียนการสอนจะต้องเน้นบริบทที่เป็นจริงในสังคม การเรียนแบบองค์รวม การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การเรียนรู้ร่วมกัน สร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ และให้ความสำคัญกับภาษา รวมถึงการให้ความช่วยเหลือและแนะนำทั้งจากครูผู้ใหญ่และความร่วมมือจากกลุ่มเพื่อน

4.2 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบมีแนวคิดพื้นฐานจากทฤษฎีสรรคนิยม โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (5E Learning Cycle Model) ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ มาใช้กับกลุ่มควบคุม ดังนั้น ในการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบจึงนำเสนอสาระสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ดังนี้

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E พัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้ของ Atkin and Karplus (1967) ซึ่งนำมาใช้ในการศึกษาและปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนำเสนอวงจรการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (2) ขั้นสร้าง (Invention) และ (3) ขั้นค้นพบ (Discovery) (Bybee, 2006: online) อย่างไรก็ตาม วงจรการเรียนรู้ที่นำเสนอนั้นพบว่ามีปัญหาในการนำไปใช้ โดยเฉพาะ 2 ขั้นตอนแรกของวงจรการเรียนรู้ ต่อมา Barman and Kotar (1989) ได้ปรับขั้นตอนได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (2) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept Introduction) และ (3) ขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (Concept Application) และต่อจากนั้น มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนที่ 2 อีกครั้ง โดยเปลี่ยนเป็นขั้นตอนที่ชื่อว่า ขั้นแนะนำคำสำคัญ (Term Introduction) ด้วยเหตุผลที่ว่าในขั้นตอนนี้ ครูจะต้องแนะนำหรืออธิบายคำศัพท์สำคัญให้กับนักเรียน ส่วนมโนทัศน์นั้นนักเรียนเป็นผู้สร้างด้วยตนเอง (Lawson, 1995: 134-139) และต่อมา Bybee et al. (1990) ได้นำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E เพื่อใช้จัดการศึกษาและและจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Sciences Curriculum Study: BSCS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E จึงอาจเป็นที่รู้จักในอีกชื่อหนึ่งว่า “BSCS 5E Instructional Model” โดยเพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนขั้นตอนการเรียนการสอนตามแนวคิดของวงจรการเรียนรู้ที่ใช้ในการศึกษาและปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (SCIS) ซึ่งเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนได้ดังตารางที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบของ SCIS และรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (Bybee, 2006: online)

SCIS MODEL	5E LEARNING CYCLE MODEL
	1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement)
1. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
2. ขั้นสร้าง (Invention)	3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
3. ขั้นค้นพบ (Discovery)	4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
	5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)

ตารางที่ 5 สรุปว่า เมื่อเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบของ SCIS กับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E พบว่ามี 2 ขั้นตอนที่ไม่พบในรูปแบบของ SCIS คือ ขั้นกระตุ้นความสนใจและขั้นประเมินผล และมีการปรับเปลี่ยนขั้นตอนที่ 2 และ 3 โดยเปลี่ยนจากขั้นสร้างเป็นขั้นอธิบายและลงข้อสรุป และเปลี่ยนจากขั้นค้นพบเป็นขั้นขยายความรู้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ผู้วิจัยนำเสนอสาระสำคัญสรุปทั้งหมด 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (2) บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน โดยสาระสำคัญในแต่ละขั้นตอนนั้น ผู้วิจัยศึกษาจากงานของ Bybee (2004: 8; 2006: online) Llewellyn (2005: 47-48) และ Ansberry and Morgan (2007: 29-30) สรุปได้ดังนี้

(1) **การกระตุ้นความสนใจ** (Engagement) คือ ขั้นตอนที่ครูต้องสร้างความสนใจและกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา และสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง

ประสบการณ์เรียนรู้เดิมกับหัวข้อที่จะเรียน จากแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยม ขั้นตอนนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ครูกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียน ประเมินความรู้เดิม และแลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้กับนักเรียนในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่จะเรียน

(2) **การสำรวจและค้นหา** (Exploration) คือ ขั้นตอนของการตรวจสอบปัญหา ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา เพื่อนำไปสู่การออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลและทดสอบสมมติฐานด้วยการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง ขั้นตอนนี้เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์การเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ กระบวนการและทักษะที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ศึกษาโดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

(3) **การอธิบายและลงข้อสรุป** (Explanation) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนวิเคราะห์ จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหาในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาสู่การสรุปผล ขั้นตอนนี้จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ภาษาในการสื่อสาร หรือแสดงทักษะและพฤติกรรมที่แสดงถึงความรู้ ความเข้าใจของตนเองเกี่ยวกับเรื่องที่ได้ศึกษา จากนั้น ครูมีหน้าที่เชื่อมโยงประสบการณ์เรียนรู้ของนักเรียนไปสู่ความรู้ ความเข้าใจหรือมโนทัศน์เชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และอาจมีการให้รายละเอียด คำศัพท์เฉพาะและความหมายของคำศัพท์ เพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์หรือความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องและชัดเจน จึงทำให้บางครั้งเรียกขั้นตอนนี้ว่า “ขั้นพัฒนามโนทัศน์ (Concept Development Stage)” (Llewellyn 2005, 48) เพราะข้อมูลที่นักเรียนจัดกระทำและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูเชื่อมโยงนั้น จะช่วยทำให้นักเรียนได้ดูดซึมและปรับโครงสร้างทางปัญญาและเกิดการสร้างความหมายใหม่ให้เกิดขึ้นกับตัวนักเรียนเอง

(4) **การขยายความรู้** (Elaboration) คือ ขั้นตอนที่เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์เพื่ออธิบายหรือทำความเข้าใจกับสถานการณ์ใหม่ ที่มีความใกล้เคียงกับสถานการณ์ที่ได้สำรวจและค้นหา ขั้นตอนนี้จึงเป็นการท้าทายให้นักเรียนใช้ความรู้ ความเข้าใจ กระบวนการและทักษะที่สร้างขึ้นมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ลุ่มลึกและขยายขอบเขตได้กว้างขึ้น และยังอาจก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาได้ต่อไป

(5) **การประเมินผล** (Evaluation) คือ ขั้นตอนที่แสดงถึงการประเมินความรู้และความสามารถของนักเรียน และเปิดโอกาสให้ครูได้ประเมินผลนักเรียนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยครูสามารถใช้การประเมินทั้งแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ รวมทั้งอาจเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินตนเอง

4.2.2 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ในแต่ละขั้นตอนนั้น ผู้วิจัยศึกษาจากงานของ Llewellyn (2005: 49-50) และ Ansberry and Morgan (2007: 32-33) ซึ่งอ้างอิงมาจากทัศนะของ Bybee (1997) สรุปได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. **การกระตุ้นความสนใจ** คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนโดยการกระตุ้นความสนใจเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา เพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา	(1) กระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน (2) ตั้งประเด็นคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิด (3) ตรวจสอบความความรู้เดิมและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน	(1) ถามคำถาม เช่น เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ สิ่งที่ฉันรู้เกี่ยวกับเหตุการณ์นี้คืออะไร (2) แสดงความสนใจต่อหัวข้อที่จะศึกษา
2. **การสำรวจและค้นหา** คือ ขั้นการตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา ออกแบบ วางแผนและปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล	(1) ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (2) สังเกตและฟังการโต้ตอบกันของนักเรียนขณะปฏิบัติการ (3) ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ (4) ให้เวลานักเรียนได้คิดเกี่ยวกับข้อสงสัย ตลอดจนปัญหาต่างๆ (5) ทำหน้าที่ให้คำปรึกษากับนักเรียน	(1) คิดอย่างอิสระ แต่อยู่ภายในขอบเขตของกิจกรรมที่ศึกษา (2) สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน (3) พยายามค้นหาแนวทางแก้ปัญหาและอภิปรายร่วมกับผู้อื่น (4) บันทึกผลการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น (5) ลงข้อสรุป

ตารางที่ 6 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. **การอธิบายและลงข้อสรุป** คือ ขั้นวิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่การสรุปผล	(1) ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์ด้วยคำพูดของนักเรียนเอง (2) ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผลและอธิบายความเข้าใจให้กระจ่าง (3) ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายมโนทัศน์	(1) อธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ (2) ฟังคำอธิบายของผู้อื่นอย่างมีวิจารณญาณ (3) ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นอธิบาย (4) ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย (5) ระลึกถึงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว (6) ใช้บันทึกผลการสังเกตในการอธิบาย
4. **การขยายความรู้** คือ ขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่	(1) ส่งเสริมให้นักเรียนนำมโนทัศน์หรือทักษะที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ (2) ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้	(1) ประยุกต์การใช้คำนิยาม คำอธิบายและทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม (2) ใช้ข้อมูลที่ได้ศึกษาผ่านมา ในการตอบคำถาม หาหนทางแก้ปัญหา ตัดสินใจและออกแบบการทดลองในสถานการณ์ใหม่ (3) ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ (4) ตรวจสอบความเข้าใจกับครูและเพื่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. การประเมินผล คือ ขั้นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการประเมินที่หลากหลาย	(1) สังเกตผลการนำมโนทัศน์หรือทักษะที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ (2) ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน (3) แสวงหาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม (4) ให้นักเรียนประเมินตนเอง (5) ถามคำถามเพื่อประเมินการเรียนรู้ เช่น เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้าง นักเรียนอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้ว่าอย่างไร	(1) ตอบคำถามโดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับ (2) แสดงว่ามีความรู้ ความเข้าใจมโนทัศน์และทักษะ (3) ประเมินความก้าวหน้าและความรู้ของตนเอง (4) ถามคำถามที่ส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบในประเด็นอื่นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง มีประเด็นที่นำเสนอ 4 ประเด็น ได้แก่ (1) ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (2) ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (3) เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และ (4) บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง แต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ความเป็นมาในการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งพัฒนาโดยคณะนักวิจัย 5 ท่านของประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย Walker, J. P. และ Zimmerman, C. จาก Tallahassee Community College. Sampson, V., Grooms, J. และ Anderson, B. จาก The Florida State University ซึ่งเป็นความพยายามที่จะนำเอาการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนบูรณาการร่วมกับการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ มีพื้นฐานของแนวคิดในการพัฒนาจากทฤษฎีการเรียนรู้สรรคนิยมและแนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างประสบการณ์ในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้มีความเสมือนจริง คณะผู้วิจัยพัฒนารูปแบบดังกล่าวและทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรีแล้วนำเสนอผลการทดลองใช้ในงานวิจัยชื่อว่า “Argument Driven Inquiry: รูปแบบการเรียนการสอนสำหรับใช้ในวิชาปฏิบัติการเคมีของนักศึกษาระดับปริญญาตรี” (Walker et al, 2010: 1-20) โดยนำเสนอในการประชุมนานาชาติว่าด้วยการวิจัยทางการสอนวิทยาศาสตร์ประจำปี 2010 (2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching: NARST) ณ เมืองฟิลาเดเฟีย มลรัฐเพนซิลเวเนียร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ในเดือนมีนาคม ค.ศ. 2010 โดยกล่าวถึงความเป็นมาของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวไว้ดังนี้

จากรายงานปฏิบัติการในประเทศสหรัฐอเมริกา: การสำรวจตรวจสอบในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา (America’s Lab Report: Investigations in High School Science) ในปี ค.ศ. 2005 ของประเทศสหรัฐอเมริกา สภาการวิจัยแห่งชาติได้ให้ข้อเสนอแนะหลายประการสำหรับการพัฒนาทักษะและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประการแรก คือ กิจกรรมการปฏิบัติการ (Laboratory Activities) จำเป็นต้องมีพื้นฐานของการสืบสอบ เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะปฏิบัติการและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ ประการที่สอง คือ นักเรียนจำเป็นต้องได้รับโอกาสในการอ่าน เขียนและอภิปรายงานที่นักเรียนปฏิบัติ และประการสุดท้าย คือ ต้องกระตุ้นให้นักเรียนสร้างและวิจารณ์ข้อโต้แย้ง ซึ่งข้อโต้แย้งนี้คือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนด้วยเหตุผลอย่างน้อย 1 ประการ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเพื่อตอบสนองต่อข้อเสนอแนะดังกล่าว (Sampson el al., 2009: 42)

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงกิจกรรมปฏิบัติการแบบเดิมไปสู่หน่วยการเรียนการสอนบูรณาการได้ช่วยพัฒนานักเรียนไปสู่เป้าหมายของสภาการวิจัยแห่งชาติได้ โดยการให้โอกาสนักเรียนได้ออกแบบสำรวจตรวจสอบ รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารความคิดกับผู้อื่นในระหว่างกิจกรรมการโต้แย้ง

เขียนรายงานการสำรวจตรวจสอบเพื่อแลกเปลี่ยนกับผู้อื่น และมีการกระตุ้นให้มีการตรวจสอบโดยเพื่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องที่ชี้ให้เห็นว่าการเรียนการสอนที่มีการให้โอกาสดังกล่าวกับนักเรียนมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากกว่าการปฏิบัติแบบดั้งเดิม (NRC, 2007 อ้างถึงใน Sampson et al., 2009: 42) เช่นเดียวกับหน่วยการเรียนรู้บูรณาการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความสนใจของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการอ่าน การเขียน และการสื่อสาร ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ได้พยายามตอบสนองต่อเป้าหมายดังกล่าวอย่างครบถ้วน นอกจากนี้เป้าหมายสำคัญของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้ยังรวมถึงการพัฒนาความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) พัฒนาจิตตนิสัยเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Habits of Mind) วิธีการให้หลักฐานกับคำอธิบาย (Provide Evidence for Explanations) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อพิจารณาทางเลือก (Think Critically about Suggested Alternatives) อีกทั้งส่งเสริมให้ครูพัฒนาการอ่านและการเขียนของนักเรียนซึ่งจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Sampson et al., 2009: 47)

4.3.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้ (Sampson et al., 2009: 43; Walker et al., 2010: 5-6)

(1) **การระบุภาระงาน** (Identification of the Task) คือ การนำเข้าสู่ภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติเพื่อสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือเพื่อแก้ปัญหาที่กำหนด โดยครูต้องสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา จากนั้นจึงนำสู่การระบุภาระงานให้นักเรียน พร้อมกับการกำหนดและชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องทำ

(2) **การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล** (Generation and Analysis of Data) คือ การทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็กที่มีสมาชิกในกลุ่มประมาณ 3-4 คน เพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ แล้วใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว

(3) **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** (Production of a Tentative Argument) คือ การให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่ออธิบายผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ แล้วเขียนลงในกระดาษหรือกระดาน โดยข้อโต้แย้งชั่วคราวนี้ คือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1)

ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยัน สาเหตุหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา ข้อโต้แย้งดังกล่าวเป็นข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง

(4) **กิจกรรมการโต้แย้ง** (Argumentation Session) คือ การโต้แย้งระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน โดยที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้งของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบและมีการโต้แย้งระหว่างกัน โดยมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ครูกำหนดประเด็นการโต้แย้ง (2) ครูนิยามคำสำคัญของการโต้แย้งให้เข้าใจตรงกัน (3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอข้อโต้แย้ง (4) นักเรียนกลุ่มอื่นๆ แสดงความเห็นด้วยหรือขัดแย้งต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอ พร้อมให้เหตุผลประกอบ

(5) **การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ** (Write up Investigation Report) คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล ซึ่งเป็นรายงานที่กล่าวถึงจุดประสงค์ของการสำรวจตรวจสอบ อธิบายวิธีการสำรวจตรวจสอบพร้อมให้เหตุผลในการเลือกวิธีการดังกล่าว และเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของปรากฏการณ์ที่สำรวจตรวจสอบ

(6) **การตรวจสอบโดยเพื่อน** (Double-blind Peer Review) คือ การให้นักเรียนตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้เกณฑ์การประเมินที่กำหนดและมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) โดยที่ครูเป็นผู้รวบรวมรายงานแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่ม พร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน (Peer Review Sheet) ซึ่งประกอบด้วยแบบประเมินและเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงาน จากนั้น นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมติเพื่อประเมินรายงานที่ได้รับแจก

(7) **การปรับปรุงรายงาน** (Revision of the Report) คือ การให้นักเรียนแก้ไขและปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อน จากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.3 เป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

คณะผู้วิจัยและพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวได้อธิบายถึงเป้าหมายและวิธีการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (Sampson et al., 2009: 43-47)

(1) **การระบุภาระงาน** (Identification of the Task) เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้คือการสร้างความสนใจให้กับนักเรียน สร้างความเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และเพื่อชี้แจงกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ ขณะที่นักเรียนจะต้องจดจ่อและเริ่มคิดถึงประสบการณ์หรือความรู้ที่เคยเรียนมาเพื่อเชื่อมโยงกับหัวข้อที่กำลังจะเรียน Sampson et al. (2009: 43-47) แนะนำว่าครูควรใช้คู่มือ (Handout) เพื่อแนะนำการดำเนินการสำรวจตรวจสอบอย่างสรุป และใช้คำถามหรือนำเสนอปัญหาหรือภาระงานที่นักเรียนจะต้องปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องที่กำลังจะเรียน ซึ่งคู่มือที่ครูใช้นั้นต้องเป็นการรวบรวมข้อมูลสำคัญที่นักเรียนจะต้องใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น อุปกรณ์และวัสดุในการปฏิบัติการ เป็นต้น

(2) **การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล** (Generation and Analysis of Data) สำหรับขั้นตอนนี้เป็นการเริ่มการสำรวจตรวจสอบ โดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือกัน (Collaborative Group) เพื่อร่วมกันคิดและพิจารณาถึงวิธีการแก้ปัญหา ครูควรให้นักเรียนเขียนโครงร่างเพื่อวางแผนการสำรวจตรวจสอบซึ่งเป็นการอธิบายถึงวิธีการที่นักเรียนจะดำเนินการ โดยเฉพาะกรณีที่การสำรวจตรวจสอบนั้นมีความซับซ้อนหรือต้องใช้สารเคมีที่มีอันตราย โดยครูอาจทำหน้าที่ตรวจสอบวิธีการที่นักเรียนคิดเพื่อให้แน่ใจว่าการออกแบบดังกล่าวนั้นมีความสมบูรณ์และปลอดภัย เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้ นอกจากต้องการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาคำตอบหรือแก้ปัญหาด้วยตนเองแล้ว ยังเป็นการพัฒนาให้นักเรียนรู้จักวางแผน เก็บรวบรวมข้อมูล จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือและสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

(3) **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** (Production of a Tentative Argument) ในขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่อใช้ในกิจกรรมการโต้แย้ง โดยข้อโต้แย้งนี้ คือ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล เป้าหมายสำคัญของขั้นตอนนี้ คือ การเน้นให้นักเรียนสนใจและเห็นความสำคัญของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องมีความเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่จะต้องมีความสามารถในการสนับสนุนคำอธิบายของตนเองด้วยหลักฐานและเหตุผล การเรียนการสอนในขั้นตอนนี้จึงนับเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการตัดสินใจ รู้จักใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอและน่าเชื่อถือเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย ที่สำคัญยิ่งไปกว่านั้น ในขั้นตอนนี้ยังช่วยให้ครูและนักเรียนสร้างความคิด หลักฐานและเหตุผลในเชิงประจักษ์ รู้จักการประเมินความคิดที่แข่งขันกัน รวมทั้งการพิจารณาคำอธิบายที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีอยู่ หรือกล่าวได้ว่าจะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจต่อสิ่งที่ทำและมองเห็น

(4) **กิจกรรมการโต้แย้ง** (Argumentation Session) สำหรับขั้นตอนนี้ นักเรียนจะมีโอกาสในการประเมินและปรับปรุงผลงานของการสำรวจตรวจสอบร่วมกันทั้งชั้นเรียนหรือเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ เป้าหมายของขั้นตอนนี้ Sampson et al. (2009: 44) ได้กล่าวถึงผลการวิจัยที่ผ่านมาที่ชี้ให้เห็นว่า “นักเรียนนั้นเรียนรู้

ได้มากขึ้นหากได้แสดงความคิดเห็นกับผู้อื่น มีการตอบสนองต่อคำถามของเพื่อนหรือได้รับความท้าทายบางประการ มีการสื่อสารข้อกล่าวอ้างในมุมมองของตนเอง และมีการประเมินข้อดีของความคิดที่แข่งขันกัน ซึ่งเป็นการช่วยให้ครูสามารถประเมินกระบวนการคิดของนักเรียนได้”

กิจกรรมการโต้แย้งนี้ออกแบบมาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการให้นักเรียนได้พูดคุยแลกเปลี่ยนกันสะท้อนถึงความคิดอันหลากหลายของนักเรียน รวมทั้งช่วยให้กลุ่มสามารถพิจารณาเกณฑ์สำหรับการอ้างอิงที่มีเหตุผล Linn and Eylon (2006: 8 อ้างถึงใน Sampson et al., 2009: 44) แนะนำว่า “ปกติแล้วนักเรียนจะมีความคิดต่อปรากฏการณ์หนึ่งๆ อันประกอบด้วยความคิด นั่นคือเสียงสะท้อน และมีความขัดแย้ง ความสับสน มีรูปแบบเฉพาะ มีความชอบใจและมีพื้นฐานความคิดเกี่ยวกับหลักฐานที่ไม่น่าเชื่อถือ ซึ่งพบว่านักเรียนยังขาดเกณฑ์ในการแยกแยะความคิดดังกล่าวเหล่านี้” เช่นเดียวกันกับ Kuhn and Reiser (2005 อ้างถึงใน Sampson et al., 2009: 45) กล่าวว่า “นักเรียนมีแนวโน้มที่จะยึดถือเกณฑ์บางประการ เช่น ความน่าเชื่อถือหรืออำนาจของครู ในการตัดสินใจเพื่อยอมรับหรือปฏิเสธความคิดในระหว่างการอภิปรายหรือการโต้แย้ง ดังนั้น การกระตุ้นให้นักเรียนได้โต้แย้งนั้นจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแยกแยะความคิดที่จะใช้ เกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มงวด รวมถึงการพัฒนาจิตตนิสัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์”

(5) **การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ** (Write up Investigation Report) สำหรับขั้นตอนนี้ เป็นการนำการเขียนเข้ามาใช้จัดการเรียนการสอน เนื่องจากการเขียนมีความสำคัญในประเด็นที่ว่าการเขียนเป็นส่วนหนึ่งของการทำงานแบบวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการอ่านและทำความเข้าใจงานเขียนของผู้อื่น สามารถประเมินคุณค่าและแลกเปลี่ยนผลของงานวิจัยของตนเองด้วยการเขียน ดังนั้น การเขียนจึงเป็นการให้นักเรียนได้สื่อสารความคิดที่ชัดเจนและกระชับ นับเป็นการกระตุ้นเมตาคอกนิชั่น ตลอดจนพัฒนาความรู้ ความเข้าในในเนื้อหาสาระของบทเรียน นอกจากนี้ Sampson et al. (2009: 44) เสนอว่า “รายงานที่นักเรียนเขียนในขั้นตอนนี้ เป็นรายงานที่ให้นักเรียนได้อธิบายถึงสิ่งที่ทำและกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดว่ารู้อะไร (What they know) รู้ได้อย่างไร (How they know it) และเพราะเหตุใดจึงเชื่อสิ่งนั้น (Why they believe it) เรียกรายงานนี้ว่า “รายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Investigation Report)” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม 3 ข้อ ได้แก่ (1) วัตถุประสงค์ของการศึกษาคืออะไรและเพราะเหตุใด (2) วิธีการปฏิบัติของนักเรียนเป็นอย่างไรและเพราะเหตุใดจึงปฏิบัติเช่นนั้น (3) ข้อโต้แย้งของนักเรียนกล่าวว่าอย่างไร”

(6) **การตรวจสอบโดยเพื่อน** (Double-blind Peer Review) หลังจากที่นักเรียนผ่านขั้นตอนที่ 5 มาแล้วให้ครูรวบรวมแล้วแจกกลับให้นักเรียนอย่างสุ่มจำนวน 3-4 ผลงานต่อกลุ่มพร้อมกับแจกเอกสารการตรวจสอบโดยเพื่อน ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของรายงานและการให้ข้อมูลย้อนกลับ เป้าหมายของกิจกรรมนี้ คือ การกระตุ้นให้นักเรียนได้พัฒนาและใช้มาตรฐานที่เหมาะสมในการประเมินคุณภาพของรายงาน นอกจากนี้ ภายในกลุ่มยังสามารถร่วมกันอภิปรายถึงความถูกต้องของข้อ

กล่าวอ้างและการอธิบายเหตุผลของรายงานที่ได้รับการตรวจสอบว่าดีหรือจำเป็นต้องปรับปรุง จึงนับเป็นการส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม เพราะต้องมีการลงมติร่วมกัน ผลจากกิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ นักเรียนจะเริ่มยอมรับเกณฑ์ที่เข้มงวดสำหรับการประเมินข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงเรียนรู้คุณค่าของการตรวจสอบโดยเพื่อนในสังคมวิทยาศาสตร์และสังคมแห่งการเรียนรู้

(7) **การปรับปรุงรายงาน** (Revision of the Report) หลังจากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนแล้ว ครูจะเป็นผู้ให้คะแนนรายงาน จากนั้นจะส่งรายงานที่ผ่านการตรวจสอบถึง 2 ครั้ง คือจากเพื่อนและจากครู คืนกลับให้ผู้เขียนรายงาน เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและปรับปรุงรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือการตอบกลับของเพื่อน เป้าหมายของกิจกรรมในขั้นนี้เพื่อทำให้กิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนนั้นมีความหมายยิ่งขึ้น อีกทั้งการปรับปรุงใหม่ มีความสำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาการเขียนบนพื้นฐานของข้อมูลที่เพื่อให้ย้อนกลับมาโดยไม่มีการลงโทษ อันเป็นการปรับปรุงเพื่อสร้างผลงานสุดท้ายให้ได้คุณภาพสูงสุด และเมื่อมีการปรับปรุงแล้วให้นักเรียนส่งรายงานเพื่อให้ครูตรวจให้คะแนน หลังจากที่มีการตรวจให้คะแนนแล้ว ครูต้องทำหน้าที่สะท้อนผลการประเมินด้วยการให้นักเรียนได้พูดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้ศึกษาผ่านมา เพื่อให้นักเรียนร่วมกันทบทวน ตรวจสอบผลการศึกษา อีกทั้งครูยังสามารถตรวจสอบมโนทัศน์ที่ผิดและสามารถแก้ไขให้ถูกต้อง

4.3.4 บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดของบทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนดังต่อไปนี้ (Sampson et al., 2009: 43-47)

(1) **การระบุภาระงาน** (Identification of the Task) เป็นขั้นตอนที่มีการระบุภาระงานที่ต้องการให้นักเรียนปฏิบัติ บทบาทของครูจึงต้องกระตุ้นความสนใจในเรื่อง หัวข้อหรือประเด็นปัญหา และต้องเชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่นำเสนอในปัจจุบัน Sampson et al. (2009: 43-47) แนะนำเทคนิคที่ครูอาจใช้ในขั้นตอนนี้ เช่น การใช้คำถาม การนำเสนอปัญหาที่น่าสนใจ การระบุภาระงานที่ครูกำหนดให้นักเรียนทำ นอกจากนี้ครูอาจทำคู่มือสำหรับการแนะนำ โดยคู่มือนั้นต้องมีข้อมูลสำคัญที่นักเรียนจะใช้ในขั้นตอนต่อไป เช่น วัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการปฏิบัติการ เป็นต้น ขณะที่นักเรียนควรจดจ่ออยู่กับหัวข้อหรือประเด็นที่ครูนำเสนอและเริ่มคิด ระลึกถึงประสบการณ์หรือความรู้ที่เคยเรียนผ่านมา เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา

(2) **การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล** (Generation and Analysis of Data) สำหรับขั้นตอนนี้เป็นการให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือกัน ดังนั้นบทบาทของนักเรียนจึงทำหน้าดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง โดยเป็นผู้คิด วางแผน ออกแบบ พิจารณาถึงวิธีการสำรวจตรวจสอบและดำเนินการตามแผนงานที่วางไว้จนสำเร็จ เมื่อได้ข้อมูลแล้วนักเรียนต้องจัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล เพื่อนำสู่การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว สำหรับบทบาทของครูนั้นทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยผู้อำนวยความสะดวกในการจัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียน ครูอาจมีการแนะนำบ้างเพื่อช่วยนักเรียนในตอนเริ่มต้นคิดแก้ปัญหา นอกจากนี้ Sampson et al. (2009: 44) แนะนำว่าระหว่างที่นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบนั้น ครูจำเป็นต้องเดินตรวจตรานักเรียนทุกกลุ่มและเป็นแหล่งข้อมูลประเภทบุคคลสำหรับนักเรียน ครูต้องกำกับนักเรียนให้คิดพิจารณาสิ่งที่ทำอย่างมีเหตุผล โดยอาจใช้คำถามกระตุ้น เช่น “นักเรียนทราบได้อย่างไรว่าข้อมูลนั้นมีความเที่ยงตรง” “นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องคำนวณเพิ่มเติมอีกหรือไม่” “ข้อมูลนั้นเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือไม่”

(3) **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** (Production of a Tentative Argument) บทบาทสำคัญในขั้นตอนนี้คือนักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างหลักฐานและการให้เหตุผล โดยเขียนลงในวัสดุขนาดใหญ่ เช่น กระดาน เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมอย่างทั่วถึง นักเรียนควรให้ความสนใจกับความสำคัญของข้อโต้แย้งและพยายามสร้างความเข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ต้องมีความสามารถในการสนับสนุนคำอธิบายของตนเองด้วยหลักฐานและเหตุผล ขณะที่ครูมีบาทบาทเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ โดยเน้นให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

(4) **กิจกรรมการโต้แย้ง** (Argumentation Session) ในขั้นตอนนี้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการนำเสนอข้อโต้แย้งของกลุ่มต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน โดยนักเรียนพูดคุย อภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในประเด็นเดียวกัน แต่หลากหลายมุมมอง โดยคณะผู้วิจัยแนะนำให้ใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือของเคแกน คือ A Round-Robin Format ซึ่งจะเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้พูดคนครบ ส่งเสริมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนได้เป็นอย่างดี ขณะที่ครูมีบทบาทเป็นผู้นำการโต้แย้ง โดยเริ่มจากการกำหนดประเด็นการโต้แย้ง นิยามคำศัพท์สำคัญที่ใช้ในการโต้แย้งเพื่อให้ทุกกลุ่มเกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จัดการและควบคุมเวลาในการโต้แย้ง นอกจากนี้ ขณะที่นักเรียนโต้แย้ง ครูยังสามารถประเมินกระบวนการคิดของนักเรียนได้ในระดับหนึ่งด้วย

(5) **การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ** (Write up Investigation Report) เมื่อผ่านกระบวนการโต้แย้งแล้ว นักเรียนจะต้องเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล โดยนักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินความคิด และเขียนรายงานเพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง ส่วนครูเป็นผู้ให้คำแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้และกระบวนการสำรวจตรวจสอบ

(6) **การตรวจสอบโดยเพื่อน** (Double-blind Peer Review) สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนในขั้นตอนนี้นักเรียนมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนักเรียนต้องรับผิดชอบในการประเมิน ตรวจสอบการทำงานของเพื่อน และต้องให้ข้อมูลย้อนกลับอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของรายงาน และนับเป็นการปลูกฝังให้นักเรียนเริ่มยอมรับเกณฑ์ที่เข้มงวดทางวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนต้องประเมินรายงานของเพื่อนตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด ส่วนบทบาทของครู คือ เป็นผู้ควบคุมและดำเนินกิจกรรมนี้ กล่าวคือ ครูมีหน้าที่แจกรายงานที่รวบรวมได้ทั้งหมดแบบสุ่มให้นักเรียนได้ตรวจสอบ และชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบโดยเพื่อนว่าเป็นกิจกรรมที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(7) **การปรับปรุงรายงาน** (Revision of the Report) หลังจากการตรวจสอบโดยเพื่อนแล้ว ครูต้องเป็นผู้นำในการอภิปรายและสะท้อนผลในห้องเรียนด้วยการใช้วิธีการพูดคุยเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้ศึกษาผ่านมา หรือการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ถามเพื่อให้นักเรียนประเมินเกี่ยวกับสิ่งที่ถูกต้องหรือสิ่งที่ต้องปรับปรุง ซึ่งในช่วงเวลานี้หากนักเรียนเกิดความเข้าใจผิดหรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ครูสามารถช่วยแก้ไขได้ทันที ส่วนนักเรียนมีหน้าที่ปรับปรุง แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือการประเมินจากเพื่อนเพื่อให้รายงานมีคุณภาพมากขึ้น ดังนั้น นักเรียนต้องนำคำแนะนำเหล่านั้นมาใช้ในการปรับปรุงรายงานของตนเอง แล้วเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบใหม่ เพื่อส่งให้ครูตรวจให้คะแนนรายงานที่นักเรียนปรับปรุงแล้วต่อไป

บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง สรุปได้ดังตารางที่ 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. การระบุภาระงาน คือ การสร้างความสนใจ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และระบุภาระงานให้กับนักเรียน	(1) กระตุ้นความสนใจในเรื่องหัวข้อหรือประเด็นปัญหา (2) เชื่อมโยงประสบการณ์หรือความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา (3) ระบุภาระงานให้กับนักเรียน (4) จัดทำคู่มือสำหรับแนะนำหัวข้อหรือประเด็นปัญหา	(1) คิดจดจ่อกับหัวข้อหรือประเด็นปัญหาที่ครูนำเสนอ (2) ระลึกถึงประสบการณ์หรือความรู้เดิมเพื่อเชื่อมโยงกับเรื่องที่นำเสนอในปัจจุบัน
2. การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ	(1) อำนวยความสะดวกในการจัดวัสดุอุปกรณ์ให้นักเรียน (2) เดินตรวจตรานักเรียนทุกกลุ่ม (3) เป็นแหล่งข้อมูลประเภทบุคคลสำหรับนักเรียน (4) ใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดพิจารณาสิ่งที่ทำอย่างมีเหตุผล	(1) คิด พิจารณา วางแผน และออกแบบวิธีดำเนินการสำรวจตรวจสอบ (2) ดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยการทำงานเป็นกลุ่มขนาดเล็ก (3) จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
3. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล	(1) ให้คำแนะนำในการสร้างข้อโต้แย้ง (2) ชี้ให้เห็นความสำคัญของหลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	(1) สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างหลักฐานและการให้เหตุผล (2) ร่วมกันเขียนข้อโต้แย้งลงในกระดาษหรือกระดาน
4. กิจกรรมการโต้แย้ง คือ การจัดให้มีการโต้แย้งทั้งห้องเรียน ด้วยการให้นักเรียนโต้แย้งระหว่างกลุ่ม	(1) กำหนดประเด็นและนิยามคำสำคัญในการโต้แย้ง (2) เป็นผู้นำการอภิปราย จัดการและควบคุมเวลาสำหรับการโต้แย้ง	(1) นำเสนอข้อโต้แย้งต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน (2) แสดงทัศนะต่อข้อโต้แย้งที่นำเสนอพร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตารางที่ 7 บทบาทครูและนักเรียนตามขั้นตอนการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอน	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. **การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ** คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล	(1) กระตุ้นให้นักเรียนเขียนรายงานที่แสดงถึงความรู้ ความเข้าใจ และกระบวนการที่ได้ปฏิบัติ	(1) เป็นผู้ประเมินความคิดที่ได้จากกิจกรรมการโต้แย้ง (2) เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง เพื่อสื่อสารความคิดของตนเอง
6. **การตรวจสอบโดยเพื่อน** คือ การตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ	(1) กำหนดเกณฑ์สำหรับการประเมินคุณภาพของรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (2) อำนวยความสะดวกในกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน เช่น การแจกรายงานให้กับนักเรียน (3) ชี้ให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบโดยเพื่อนว่าเป็นกิจกรรมที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	(1) ประเมิน ตรวจสอบรายงานของเพื่อน ตามเกณฑ์ที่กำหนด (2) ให้ข้อมูลย้อนกลับ ในด้านคุณภาพของของรายงานที่ควรปรับปรุง
7. **การปรับปรุงรายงาน** คือ การแก้ไข ปรับปรุงรายงานตามคำแนะนำของเพื่อน	(1) เป็นผู้นำในการอภิปรายและสะท้อนผลให้กับนักเรียน (2) ใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียน (3) แก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดของนักเรียน	(1) ปรับปรุง แก้ไขรายงานตามคำแนะนำหรือการประเมินจากเพื่อน (2) เขียนรายงานใหม่ตามคำแนะนำหรือผลการประเมิน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล

การนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยที่ศึกษาผลของการใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนสอบแบบสืบสอบที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผล ดังต่อไปนี้

Niaz et al. (2002) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโครงสร้างอะตอมของ Thomson, Rutherford, และ Bohr ที่เรียนโดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป จำนวน 160 คน แบ่งเป็น 6 ตอนเรียน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 3 ตอนเรียนและกลุ่มเปรียบเทียบ 3 ตอนเรียน โดยให้นักเรียนกลุ่มทดลองอภิปรายเพื่อโต้แย้งเกี่ยวโครงสร้างอะตอมจำนวน 6 หัวข้อ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ แล้วทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์เรื่องโครงสร้างอะตอมสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผู้วิจัยอภิปรายว่าเป็นผลมาจากการที่กลุ่มทดลองได้มีโอกาสในการโต้แย้งและอภิปราย ทำให้เกิดความเข้าใจได้มโนทัศน์นอกเหนือไปจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และยังช่วยปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยการพิสูจน์และการคิดพิจารณาภายในกลุ่ม

Sandoval and Millwood (2005) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาโครงสร้างของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในเรื่องการคัดเลือกโดยธรรมชาติของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสืบสอบร่วมกับโปรแกรม ExplanationConstructor กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 87 คน แบ่งเป็น 4 ห้องเรียน ทดลองสอนโดยครูจำนวน 2 คน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ โดยให้นักเรียนเรียนร่วมกันเป็นกลุ่ม 3-4 คนเพื่อสืบสอบหาความรู้แล้วสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอส และสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรีย เก็บข้อมูลจากคำอธิบายทั้งสองเรื่องที่สมบูรณ์ได้จำนวน 58 ผลงาน ผลการวิจัยสรุปว่า (1) จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ค่าเฉลี่ยคุณภาพมโนทัศน์ของคำอธิบายเรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอส และสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรียเท่ากับ 6.83 (S.D. = .75) และ 6.90 (S.D. = 1.72) ตามลำดับ (2) จากคะแนนเต็ม 12 คะแนน ค่าเฉลี่ยความเพียงพอของมโนทัศน์ที่ปรากฏในคำอธิบายเรื่องนกฟินซ์ในเกาะกาลาปากอส และสาเหตุการดื้อยารักษาวัณโรคของแบคทีเรียเท่ากับ 1.61 (S.D. = .52) และ 1.96 (S.D. = .70) ตามลำดับ และความเพียงพอของมโนทัศน์ของทั้งสองเรื่องมีความสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ .001 (3) ลักษณะการอ้างหลักฐานที่มีการใช้มากที่สุดคือการอ้างแบบ Inclusion คือปรากฏหลักฐานในคำอธิบายแต่ไม่ได้อ้างอิงหรือเชื่อมโยงไปสู่ข้อกล่าวอ้างทั้งหมด

Zacharia (2005) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของการใช้คอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับการเรียนการสอนด้วยรูปแบบ POE ที่มีต่อลักษณะของคำอธิบายและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูวิทยาศาสตร์ที่เข้าร่วมฝึกปฏิบัติการครูฟิสิกส์จำนวน 13 คน โดยให้เรียนฟิสิกส์ด้วยตนเองทั้งหมด 3 หัวข้อ ได้แก่ กลศาสตร์ คลื่น/แสง และอุณหพลศาสตร์ แบ่งลักษณะการเรียนเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบที่ 1 เรียนฟิสิกส์ด้วยคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองร่วมกับรูปแบบ POE แบบที่ 2 เรียนฟิสิกส์ด้วยการใช้หนังสือเรียนร่วมกับรูปแบบ POE เก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยกำหนดสถานการณ์แล้วให้ครูสร้างคำอธิบายตามสถานการณ์ที่กำหนดและมีการสัมภาษณ์ทุกครั้งหลังเรียน ใช้ระยะเวลาทดลองทั้งหมด 16 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยพิจารณาจาก 2 ประเด็น คือ (1) ลักษณะหรือธรรมชาติของคำอธิบายที่ครูสร้างขึ้น เป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และ (2) คุณภาพของคำอธิบายที่สร้าง ซึ่งพิจารณา 2 องค์ประกอบคือความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์ และระดับของการขยายขอบเขตคำอธิบาย วิเคราะห์โดยใช้ค่า QDS และสถิติทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยสรุปว่า (1) กลุ่มที่เรียนแบบที่ 2 สร้างคำอธิบายแบบบรรยายมากที่สุด ส่วนกลุ่มที่เรียนแบบที่ 1 สร้างคำอธิบายแบบทางการมากที่สุด (2) คุณภาพของคำอธิบายของทั้งสองกลุ่มมีค่า QDS เป็นบวก ทั้งความถูกต้องเชิงวิทยาศาสตร์และระดับการขยายขอบเขตคำอธิบาย และกลุ่มที่เรียนแบบที่ 2 มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนแบบที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

McNeill et al. (2006) ทำวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาผลของการเสริมศักยภาพที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับเกรด 7 จำนวน 331 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 เรียนแบบโครงงานด้วยการเสริมศักยภาพต่อเนื่อง กลุ่มที่ 2 เรียนแบบโครงงานด้วยการลดการเสริมศักยภาพ ทั้งสองกลุ่มเรียนตามอนุกรมเวลา (Time Series) ที่กำหนด คือ Pretest, Focal Lesson, Stage 1, Stage 2, Stage 3, Posttest ตามลำดับ โดยเรียนในหน่วยการเรียนรู้เรื่องสารและสมบัติของสาร และเรื่องปฏิกิริยาเคมี เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สอนโดยครู 6 คน ซึ่งครู 1 คนสอนทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า (1) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผลสูงตามเวลาจาก Pretest ถึง Focal Lesson ดังนั้น ความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนแตกต่างกันตามเวลาแต่ไม่แตกต่างกันตามลักษณะการเสริมศักยภาพ (2) องค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเท่านั้นที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการลดการเสริมศักยภาพมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่มีมีการส่งเสริมศักยภาพแบบต่อเนื่อง (3) มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนเรื่องสารและสมบัติของสารสูงกว่าเรื่องปฏิกิริยาเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนทดสอบหลังเรียนไม่แตกต่างกัน (4) จากองค์ประกอบทั้งสามของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งสองเรื่อง นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลต่ำที่สุด

Peker and Wallace (2009) ทำวิจัยเชิงคุณภาพเพื่อศึกษาการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับเกรด 10 ที่เรียนปฏิบัติการชีววิทยา (Biology Laboratories) จำนวน 16 คน เก็บข้อมูลจากรายงานปฏิบัติการจำนวน 51 เล่ม ประกอบด้วยเรื่องออสโมซิส พันธุศาสตร์ ฟังไจและปากใบ ผลวิจัยสรุปว่านักเรียนใช้พื้นฐานความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติการโดยตรงมาใช้ในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ลักษณะการเขียนเป็นแบบการบรรยายกระบวนการปฏิบัติการ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เขียนคำอธิบายโดยใช้พื้นฐานของทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ และไม่ใช้เหตุผลแบบนิรนัยในการอธิบาย ผลการสัมภาษณ์สรุปว่า นักเรียนประสบปัญหาในการเขียนคำอธิบายปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในส่วนการให้เหตุผลต่ำกว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน นอกจากนี้ นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คือขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์และเป็นการรายงานถึงกระบวนการสืบสอบ

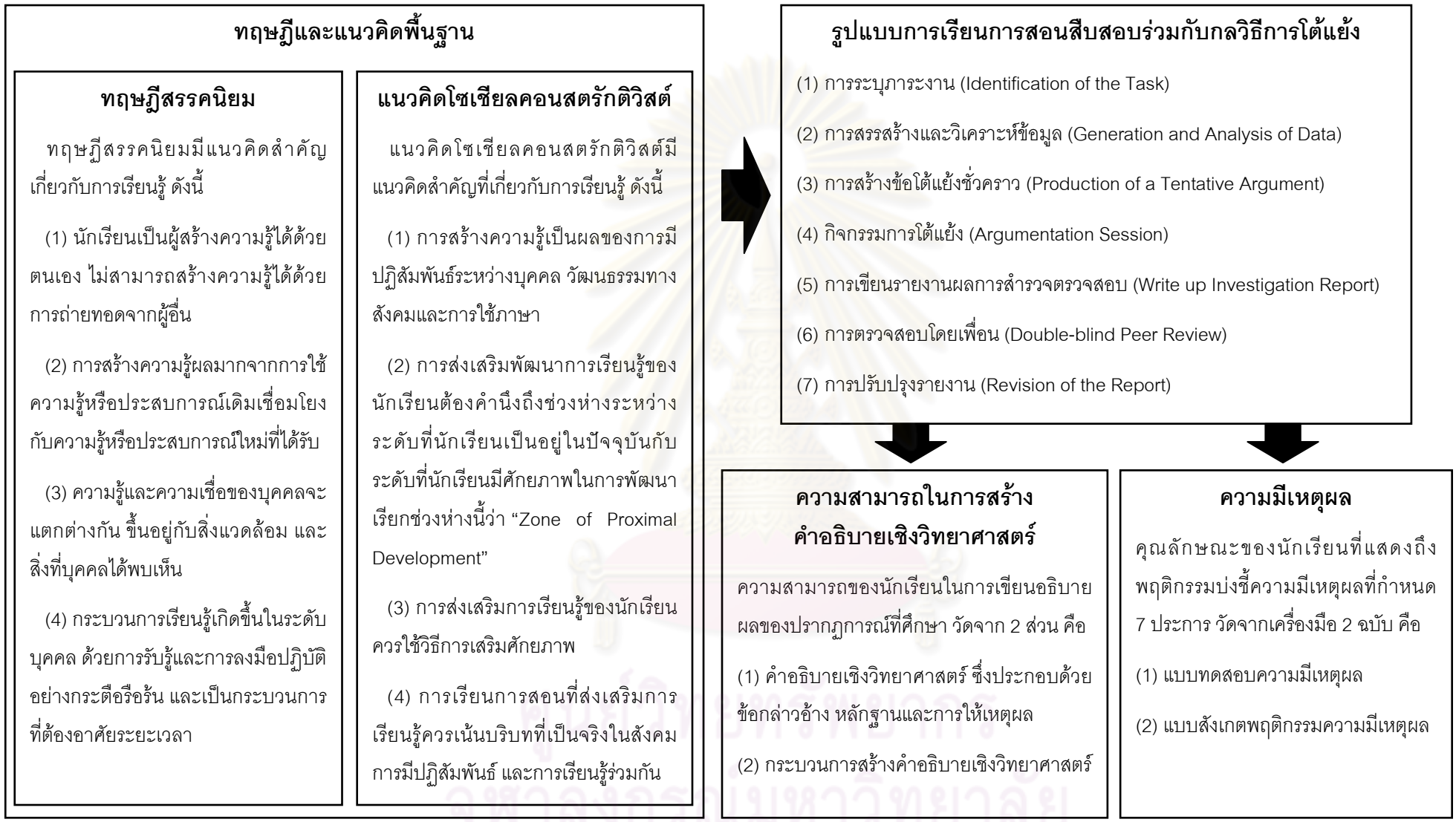
Sampson and Clark (2009A) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการร่วมมือกันต่อผลของการโต้แย้งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบคุณภาพของข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยวกับนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบกลุ่มร่วมมือกัน (2) ศึกษาระดับที่สมาชิกในกลุ่มจะยอมรับข้อโต้แย้งของกลุ่ม (3) เปรียบเทียบระดับของการเรียนรู้ประสบการณ์การสร้างข้อโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยวกับนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบกลุ่มร่วมมือกัน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 168 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบทำงานเดี่ยว และกลุ่มที่สร้างข้อโต้แย้งแบบร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า (1) คุณภาพของข้อโต้แย้งของนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่มไม่แตกต่างกับคุณภาพของข้อโต้แย้งของนักเรียนที่สร้างแบบเดี่ยว (2) สาระสำคัญในข้อโต้แย้งที่นักเรียนยอมรับนั้นเป็นส่วนหนึ่งของสาระที่ปรากฏในข้อโต้แย้งที่สร้างแบบกลุ่มร่วมมือกัน (3) นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มที่สร้างข้อโต้แย้งแบบร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มแสดงความเชี่ยวชาญและการถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ดีกว่ากลุ่มของนักเรียนที่สร้างข้อโต้แย้งแบบเดี่ยว

Sampson et al. (2010) ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (Argument-Driven Inquiry Instructional Model) ที่มีต่อความสามารถในการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาวิชาเคมีจำนวน 18 คน จัดการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีด้วยรูปแบบดังกล่าวจำนวน 6 ครั้ง รวมระยะเวลาทดลอง 15 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ผลการวิจัยสรุปว่า (1) คะแนนของรายงานปฏิบัติการเคมีหลังจากเรียนสูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียนจำนวน 5 เล่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แสดงว่านักเรียนมีพัฒนาการในการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (2) รายงานที่มีการปรับปรุงแล้วเล่มสุดท้ายมีคะแนนสูงว่าคะแนนเฉลี่ยของรายงานที่มีการปรับปรุงแล้วจำนวน 4 เล่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการให้คะแนนรายงานของนักศึกษาด้วยกันเองจากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อน (Peer Review) สรุปว่ามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .001 และคะแนนรายงานของนักศึกษามีความสัมพันธ์ทางลบกับจำนวนครั้งของการแก้ไขรายงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

Walker et al. (2010) ทำวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อมโนทัศน์เคมี ความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่เรียนวิชาปฏิบัติการเคมีทั่วไป จำนวน 699 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่า (1) นักศึกษากลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เคมีไม่แตกต่างกับนักศึกษาที่เรียนแบบปกติ (2) นักศึกษาที่กลุ่มทดลองมีความสามารถในการใช้หลักฐานและเหตุผลสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (3) มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศกับวิธีการจัดการเรียนการสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยนักศึกษาที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนนี้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาเพศหญิงที่เรียนด้วยวิธีปกติ ส่วนเพศชายมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และผลของรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน สามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังแผนภาพที่ 4



แผนภาพที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเป็นกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง ดังแผนภาพที่ 5

แผนภาพที่ 5 รูปแบบการวิจัยแบบ Two Group Pretest-Posttest Design

กลุ่มทดลอง	O_1----------X----------O_2
กลุ่มควบคุม	O_1--------~X----------O_2

O_1	หมายถึง	การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง
X	หมายถึง	การเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง
~X	หมายถึง	การเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E
O_2	หมายถึง	การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

2. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตกรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งกำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ของโรงเรียนกุหลาบวิทยา สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกโรงเรียนกุหลาบวิทยา เขตสัมพันธวงศ์ กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากเป็นโรงเรียนเปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวนนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายมากเพียงพอต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นโรงเรียนที่ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง(Purposive Sampling) คือ เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งมีจำนวน 2 ห้องเรียนเป็นกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นจึงดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มตัวอย่างก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

(1) นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ซึ่งมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง มาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ระหว่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 กับ 4/2

ห้องเรียน	$\bar{x}$	S.D.	t
ม. 4/1	76.73	5.22	2.054
ม. 4/2	74.45	6.39	

$P < .05$

ตารางที่ 8 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 ไม่แตกต่างกัน

(2) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก ผลปรากฏว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 เป็นกลุ่มควบคุม

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1.1.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.1.2 แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.1.3 แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.2 แบบวัดความมีเหตุผล ประกอบด้วย

1.2.1 แบบทดสอบความมีเหตุผล

1.2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ซึ่งมี 2 แบบ ดังนี้

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (2) แบบวัดความมีเหตุผล โดยมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้วัด 3 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (2) แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.1.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ แบบประเมินพฤติกรรมที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยเครื่องมือที่ใช้ครั้งนี้เรียกว่า “แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์” ใช้วิธีการประเมินจากพฤติกรรมและร่องรอยของพฤติกรรมระหว่างการเรียนการสอน โดยมีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดย McNeill and Krajcik (2008C: 110) ระบุว่า “การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการประเมินทั้งความเข้าใจและการปฏิบัติในลักษณะการสืบสอบและถือเป็นหนึ่งในมาตรฐานการสืบ

สอบเชิงวิทยาศาสตร์” การวิจัยครั้งนี้จึงประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และจากการวิเคราะห์ขั้นตอนการเรียนการสอนแล้วสรุปว่า ขั้นตอนการเรียนการสอน 3 ขั้นตอนแรกของรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวเป็นขั้นตอนที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(2) กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด และรายการประเมินให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 3 ขั้นตอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง ซึ่งแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ขั้นตอนการเรียนการสอน พฤติกรรมที่ต้องการวัด และรายการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่ต้องการวัด	รายการประเมิน
ขั้นตอนที่ 1 การระบุภาระงาน คือ การสร้างความสนใจ การเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และระบุภาระงาน	อภิปรายและทบทวนประสบการณ์หรือความรู้เดิม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจคำถามหรือปัญหา	1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ
ขั้นตอนที่ 2 การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกตทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ	ออกแบบ วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลตามแผนที่วางไว้	2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ 3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล	สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการระบุข้อกล่าวอ้าง คัดเลือกและระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ให้เหตุผลด้วยการอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5. การระบุข้อกล่าวอ้าง 6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ 7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล

(3) ศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการของรายการประเมินที่กำหนดขึ้น เพื่อนำไปสู่การกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ครอบคลุมกับนิยามและสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยการประเมินกระบวนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษานิยามเชิงปฏิบัติการจากรายการประเมิน

กระบวนการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งของ Sampson et al. (2010) ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 รายการประเมิน นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	การทบทวนประสบการณ์หรือความรู้เดิมเพื่อใช้แยกแยะองค์ประกอบและทำความเข้าใจกับคำถามหรือปัญหา	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบและแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบได้ครบถ้วน
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	การกำหนดขั้นตอนของการสำรวจตรวจสอบก่อนดำเนินการจริง	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	การกำหนดวิธีการบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบในรูปแบบต่างๆ เช่น ตารางบันทึกผล แผนภาพ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	กำหนดวิธีการบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล และสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่นๆ	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างครบถ้วน
5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	การแสดงข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบ	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องกระชับและสื่อความหมายชัดเจน

ตารางที่ 10 รายการประเมิน นิยามเชิงปฏิบัติการและเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

รายการประเมิน	นิยามเชิงปฏิบัติการ	เกณฑ์การประเมิน
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	การเลือกใช้และแสดงหลักฐานที่ได้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยเป็นข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ในเชิงปริมาณหรือคุณภาพที่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง แสดงหลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของหลักฐานที่นำมายืนยันข้อกล่าวอ้าง โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ได้สำรวจตรวจสอบ	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน

(4) นำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ โดยเลือกเกณฑ์รูบริกส์แบบแยกประเด็น (Analytic Rubrics) 3 ระดับ เพราะเป็นการประเมินมิติ ลักษณะหรือองค์ประกอบย่อยของความสามารถที่นักเรียนปฏิบัติ (Nitko and Brookhart, 2007: 269) และจากรายการประเมิน 7 รายการและระดับคะแนนที่กำหนด ทำให้คะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายอยู่ระหว่าง 7-21 คะแนน

(5) กำหนดเกณฑ์ในการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนของกระบวนการสร้างคำอธิบาย โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินกระบวนการและการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งของ Sampson et al. (2009: 46) ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ควรปรับปรุง (Need Improvement) ดี (Good) และดีมาก (Excellent) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำคะแนนที่กำหนดมาหาค่าพิสัยและกำหนดระดับความสามารถ 3 ระดับ ทำให้ได้เกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
18-21	ความสามารถระดับดีมาก
13-17	ความสามารถระดับดี
7-12	ความสามารถระดับควรปรับปรุง

(6) ดำเนินการสร้างแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำแบบประเมินที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมินและภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมของเกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของรายการประเมิน แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของการใช้ภาษาและความเหมาะสมของเกณฑ์การประเมิน จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมินทั้ง 7 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ควรปรับวิธีการประเมินให้ใช้การประเมินจากหลักฐานเพื่อแสดงถึงร่องรอยของพฤติกรรมทั้งหมดทุกรายการ เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินและได้ข้อมูลที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์

3) ควรปรับภาษาที่ใช้ในรายการที่ 6 การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ ในช่องระดับคะแนน 2 คะแนน โดยแก้ไขจาก “เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง” เปลี่ยนเป็น “เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน”

(8) ดำเนินการปรับปรุงวิธีการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้เป็นการประเมินจากหลักฐานที่แสดงถึงร่องรอยของพฤติกรรม โดยกำหนดหลักฐานที่ใช้ประเมิน 3 ประการ ดังนี้

1) แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ คือ แบบเขียนตอบคำถามที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนเขียนตอบ มีจำนวน 2 ข้อ คือ ข้อที่ 1 ให้นักเรียนวิเคราะห์คำถามของการสำรวจตรวจสอบแล้วเขียนผลการวิเคราะห์คำถามลงในช่องว่างที่กำหนด ข้อที่ 2 ให้นักเรียนเขียนแผนการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ

2) เอกสารผลการศึกษาที่ใช้ระหว่างการเรียนการสอนในหัวข้อผลการทำกิจกรรม คือ เอกสารที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนใช้บันทึกผลการศึกษาระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

3) ข้อโต้แย้งชั่วคราวที่เขียนลงในกระดาษ คือ ข้อโต้แย้งเพื่อแสดงผลการสำรวจตรวจสอบ มีลักษณะเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนข้อโต้แย้งดังกล่าวเขียนลงในกระดาษที่ครูแจกให้

ผู้วิจัยได้กำหนดการใช้หลักฐานทั้ง 3 ประการข้างต้น เพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแต่ละรายการประเมิน สรุปได้ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 รายการประเมินและหลักฐานที่ใช้ในการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	หลักฐานที่ใช้ในการประเมิน
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	เอกสารผลการศึกษาที่ใช้ระหว่างการเรียนการสอนในหัวข้อผลการทำกิจกรรม
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	
5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ข้อโต้แย้งชั่วคราวที่เขียนลงในกระดาษ
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	

(9) นำแบบประเมินที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลองในระหว่างเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องที่ 3 การสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อตรวจสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยนำผลคะแนนที่ได้จากการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนในโรงเรียน 1 ท่าน เป็นผู้ประเมิน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ผลการตรวจสอบสรุปว่า คะแนนที่ได้จากการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างผู้ประเมิน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .86 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละรายการประเมินแสดงในภาคผนวก ง)

1.1.2 แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ แบบสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบบสอบนี้มีชื่อว่า “แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์” มีลักษณะเป็นแบบสอบความเรียง (Essay Test) และใช้สาระชีววิทยาในการทดสอบ มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐาน/ตัวชี้วัดที่ปรากฏในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาผลการเรียนรู้ของรายวิชา ว 31242 ชีววิทยา 2 จากหลักสูตรของโรงเรียนกุหลาบวิทยา พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบข่ายของสาระที่ใช้ในการออกข้อสอบให้สอดคล้องและครอบคลุมกับมาตรฐาน/ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้ของหลักสูตร รวมทั้งศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการสร้างแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบสอบโดยอ้างอิงกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006: 12; 2009: 458-459) และ Sampson and Clark (2009A: 461; 467) ซึ่งออกแบบสอบตามกรอบเนื้อหาที่สอนโดยผู้วิจัยสร้างข้อสอบจำนวน 4 ข้อ และกำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง สำหรับการคัดเลือกสาระในการออกข้อสอบนั้น ผู้วิจัยพิจารณาจากสาระที่เหมาะสมสำหรับการโต้แย้งและวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 หน่วยการเรียนรู้ หัวข้อเรื่องและสาระที่คัดเลือกเพื่อสร้างข้อสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อเรื่อง	สาระที่คัดเลือก
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน	ระบบย่อยอาหาร	การย่อยไขมัน
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การรักษาดุลยภาพในร่างกาย	ระบบหายใจ	กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊ส
	ระบบขับถ่าย	การกำจัดของของเสียพวกสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์
	ระบบไหลเวียนเลือด	การให้และรับเลือด

(3) ดำเนินการสร้างแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยข้อสอบ 4 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วย 1) สถานการณ์ 2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ ได้แก่ ตารางข้อมูลและแผนภาพ และ 3) ข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(4) นำแบบสอบที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อมูลประกอบสถานการณ์ รวมทั้งตรวจสอบภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแบบสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ข้อสอบทั้ง 4 ข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่า 0.5 ทุกข้อ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ควรปรับแผนภาพที่ใช้ประกอบสถานการณ์ให้มีขนาดใหญ่และชัดเจนมากยิ่งขึ้น

(6) นำแบบสอบที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าความยากที่มีค่าระหว่าง 0.4-0.7 (Carey, 1988: 254) และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (Ebel, 1986: 399) และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของคอนบาร์ค รวมถึงสอบถามนักเรียนที่ทดสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา และความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลที่ใช้ประกอบในข้อสอบแต่ละข้อ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ของโรงเรียนกุหลาบวิทยา จำนวน 39 คน ผลการตรวจสอบคุณภาพสรุปว่าข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.53-0.67 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21-0.39 และแบบสอบฉบับนี้มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.95 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

ส่วนผลการสอบถามนักเรียนเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจในข้อคำถาม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าข้อคำถามและข้อมูลประกอบคำถามมีความชัดเจนดี แต่มีนักเรียนจำนวน 2 คนที่ให้ความคิดเห็นตรงกันว่า แผนภาพประกอบข้อคำถามข้อที่ 2 ซึ่งแสดงกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน ไม่สอดคล้องกับคำถามที่ใช้ทดสอบ จากความคิดเห็นของนักเรียนทั้ง 2 คน ผู้วิจัยจึงปรับแผนภาพที่ใช้ในข้อสอบข้อที่ 2 โดยให้ข้อมูลประกอบแผนภาพเพิ่มเติม โดยปรับจากประโยคที่ว่า “แผนภาพ กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์” เป็น “แผนภาพกระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแสดง 2 กระบวนการ คือ (1) กระบวนการที่แก๊สออกซิเจนจากถุงลมจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงแล้วลำเลียงไปสู่เนื้อเยื่อ และ (2) กระบวนการลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อไปสู่ถุงลม”

1.1.3 แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ แบบประเมินที่ใช้สำหรับการประเมินผลที่ได้จากการทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบบประเมินนี้มีชื่อว่า “แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์” มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบประเมิน ตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าองค์ประกอบในการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006: 12; 2009: 458-459) แบ่งเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล ดังนั้นการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดรายการประเมิน 3 รายการตามแนวคิดดังกล่าว

(2) ศึกษานิยามของรายการประเมินทั้ง 3 รายการ เพื่อกำหนดเกณฑ์การประเมิน โดยศึกษาจากงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2006: 12; 2009: 458-459) ได้ผลการศึกษาและกำหนดเกณฑ์การประเมิน แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 รายการประเมิน นิยามและเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	นิยาม	เกณฑ์การประเมิน
1. ข้อกล่าวอ้าง	ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ถูกต้อง กระชับและชัดเจน
2. หลักฐาน	ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและครบถ้วน
3. การให้เหตุผล	ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	เขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างโดยใช้หลักการกฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

(3) นำเกณฑ์การประเมินที่กำหนดมาสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์ โดยเลือกเกณฑ์รูบริกส์แบบทั่วไป (Generic Rubrics) ซึ่งใช้เป็นแนวทางสำหรับประเมินในเบื้องต้น (McNeill and Krajcik, 2008B: 134) ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนน ต่อมาจึงนำเอาเกณฑ์รูบริกส์แบบทั่วไปที่สร้างขึ้นมาใช้ในการสร้างเกณฑ์การประเมินแบบจำเพาะ (Specific Rubrics) สำหรับการประเมินข้อสอบแต่ละข้อ (McNeill and Krajcik, 2008B: 134) โดยกำหนดรายการประเมิน 3 รายการ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล และกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละรายการเป็น 3 ระดับคะแนน เช่นเดียวกัน ดังนั้น สรุปคะแนนที่ได้จากการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 12-36 คะแนน

(4) กำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถของในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยอ้างอิงจากเกณฑ์การประเมินกระบวนการและการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งของ Sampson et al. (2009: 46) ซึ่งแบ่งเกณฑ์ออกเป็น 3 ระดับ คือ ควรปรับปรุง (Need Improvement) ดี (Good) และดีมาก (Excellent) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำคะแนนที่กำหนดมาหาค่าพิสัยและกำหนดระดับความสามารถ 3 ระดับ ทำให้ได้เกณฑ์การแปลผลคะแนน ดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
29-36	ความสามารถระดับดีมาก
21-28	ความสามารถระดับดี
12-20	ความสามารถระดับควรปรับปรุง

(5) ดำเนินการสร้างแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากนั้นนำแบบประเมินที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมของรายการประเมินและภาษาที่ใช้ รวมถึงความครอบคลุมของเกณฑ์การประเมินตามนิยามเชิงปฏิบัติการของรายการประเมิน แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(6) นำแบบประเมินที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในข้อคำถาม จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการประเมินทั้ง 3 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) เปลี่ยนคำเฉลยในข้อสอบข้อที่ 1 ในส่วนการให้เหตุผลที่กล่าวว่า “น้ำดีช่วยทำให้ไขมันแตกตัว” เพราะเป็นคำเฉลยที่ผิด ต้องแก้ไขเป็น “น้ำดีช่วยทำให้ไขมันแตกตัวและป้องกันไม่ให้หยดขนาดเล็กที่แตกตัวนั้นกลับมารวมตัวกันใหม่”

3) ปรับคำเฉลยในข้อสอบข้อที่ 3 ในส่วนการให้เหตุผล โดยควรเพิ่มเติมเหตุผลเรื่องความมีพิษของแอมโมเนียและกรดยูริกด้วย เพราะจะทำให้การให้เหตุผลมีน้ำหนักมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ ควรเพิ่มเติมว่า “แอมโมเนียมีความเป็นพิษมาก ต้องขับออกทันทีไปพร้อมกับน้ำในปริมาณมาก ส่วนกรดยูริกมีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงขับออกไปพร้อมกับน้ำในปริมาณที่น้อยกว่า”

(7) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ประเมินผลการทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลองใช้แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยนำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยและอาจารย์ผู้สอนในโรงเรียน 1 ท่าน เป็นผู้ประเมิน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยที่กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ผลการตรวจสอบสรุปว่าคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .93 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละรายการประเมินแสดงในภาคผนวก ง)

1.2 แบบวัดความความมีเหตุผล

แบบวัดความมีเหตุผล ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้วัด 2 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบทดสอบความมีเหตุผล และ (2) แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพดังนี้

1.2.1 แบบทดสอบความมีเหตุผล

แบบทดสอบความมีเหตุผล คือ แบบทดสอบที่ใช้สำหรับวัดความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้ชื่อแบบทดสอบฉบับนี้ว่า “แบบทดสอบความมีเหตุผล” มีลักษณะเป็นการทดสอบด้วยสถานการณ์ (Situational Testing) ประกอบด้วยข้อสอบที่มีสถานการณ์ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลทั้งหมด 7 ประการ มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ ตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมินความมีเหตุผลจากแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และการประเมินจิตพิสัยทางการศึกษา เพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ซึ่งสรุปได้พฤติกรรมบ่งชี้ 7 ประการ

(2) สร้างข้อสอบวัดด้วยสถานการณ์ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) สถานการณ์ที่สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 2) ข้อคำถาม และ 3) ตัวเลือก โดยใช้แนวคิดการสร้างข้อสอบจากแนวคิดการประเมินเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วยการใช้แบบทดสอบด้วยสถานการณ์ของ Haney (1969) และแนวทางการสร้างแบบทดสอบด้วยสถานการณ์ของโชติ เพชรชื่น (2526) ดังมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ ดังนี้

2.1) สถานการณ์ กำหนดสถานการณ์ที่สะท้อนพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล 7 ประการ ดังนั้นแบบทดสอบความมีเหตุผลฉบับนี้ประกอบด้วยสถานการณ์ทั้งหมด 7 สถานการณ์

2.2) ข้อคำถาม ในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ได้แก่

ข้อที่ 1 ถามเกี่ยวกับความรู้สึกของบุคคลในสถานการณ์ที่กำหนด

ข้อที่ 2 ถามการปฏิบัติ เมื่อสมมติว่าผู้ตอบเป็นบุคคลในสถานการณ์ที่กำหนด

ข้อที่ 3 ถามการเลือกปฏิบัติของผู้ตอบในแนวทางต่างๆ กัน

2.3) ตัวเลือก ในแต่ละข้อคำถามกำหนด 3 ตัวเลือก ตามระดับความเข้มของเจตคติตามแนวคิดของ Shaw and Wright (1967) ที่กล่าวว่า “ความเข้มของเจตคติของบุคคลแปรค่าได้ทั้งทางบวก ทางลบและกลางๆ” ดังนั้นการกำหนดตัวเลือกในข้อสอบแต่ละข้อจึงกำหนดได้ดังนี้

ข้อที่ 1 ประกอบด้วยตัวเลือกที่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยและยังตัดสินใจไม่ได้

ข้อที่ 2 ประกอบด้วยตัวเลือกที่แสดงว่ากระทำ ไม่กระทำและไม่แน่ใจ

ข้อที่ 3 ประกอบด้วยตัวเลือกที่มีพฤติกรรมที่ตรงกับความมีเหตุผล พฤติกรรมที่ตรงข้ามกับความมีเหตุผล และพฤติกรรมที่เป็นกลาง

(3) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนข้อสอบในแต่ละข้อ ดังนี้

ข้อที่ 1 ถามความรู้สึกของผู้ตอบ เมื่อตอบคำตอบเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และยังตัดสินไม่ได้ ให้คะแนนเป็น 1, -1 และ 0 ตามลำดับ สำหรับคำถามเชิงนิมาน และให้คะแนนเป็น -1, 1 และ 0 ตามลำดับสำหรับคำถามเชิงนิเสธ

ข้อที่ 2 ถามเกี่ยวกับแนวโน้มการกระทำของผู้ตอบ เมื่อตอบคำตอบกระทำ ไม่กระทำและไม่แน่ใจ ให้คะแนนเป็น 1, -1 และ 0 ตามลำดับ สำหรับคำถามเชิงนิมาน และให้คะแนนเป็น -1, 1 และ 0 ตามลำดับ สำหรับคำถามเชิงนิเสธ

ข้อที่ 3 ถามเกี่ยวกับการเลือกกระทำของผู้ตอบ หากเลือกตอบพฤติกรรมที่แสดงถึงความมีเหตุผลให้ 1 คะแนน เลือกตอบพฤติกรรมที่ตรงข้ามกับความมีเหตุผลให้ -1 คะแนน และเลือกตอบพฤติกรรมที่เป็นกลางให้ 0 คะแนน

(4) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความมีเหตุผล จากนั้นนำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งความชัดเจนของภาษาในข้อคำถามและตัวเลือก แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแบบทดสอบที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาที่ใช้ในสถานการณ์ ข้อคำถาม และตัวเลือก จากนั้นคัดเลือก

รายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) สถานการณ์ที่ใช้ทดสอบความมีเหตุผลทั้ง 7 สถานการณ์มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนดมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ควรปรับสถานการณ์ที่ 4 ด้วยการระบุตัวแปรควบคุมให้ชัดเจน เช่น ปริมาณน้ำที่ใช้รด จำนวนและคุณภาพของเมล็ดถั่วเขียว เพื่อให้ข้อมูลมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3) ควรปรับสถานการณ์ที่ 5 โดยให้สมจิตร (ชื่อที่ใช้ในสถานการณ์) มีการอธิบายเหตุผลประกอบเมื่อมีการผสมสารเคมีแล้วไม่ได้สีเหลือง เนื่องจากการใช้คำว่า “อธิบายผลการทดลอง” ต้องมีการให้เหตุผลมากกว่าการแสดงเพียงผลที่ได้จากการสังเกต

4) ควรปรับสถานการณ์ที่ 6 ให้มีการกล่าวถึงการรายงานสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาด้วย เนื่องจากในตัวเลือกข้อที่ 18 มีปรากฏอยู่

5) การตอบแบบทดสอบควรให้นักเรียนได้เขียนแสดงเหตุผลที่เลือกตอบตัวเลือกที่กำหนดให้ เนื่องจากจะได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือมากกว่าการเลือกเฉพาะคำตอบที่เจาะจงไว้แล้ว

(6) นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมคือมีค่า t ตั้งแต่ 1.70 ขึ้นไป (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2545: 86-87) และตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับโดยการหาค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ของคอนบาร์ค รวมถึงมีการสอบถามนักเรียนที่ทดสอบเพิ่มเติมเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษาและความเข้าใจในสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองใช้แบบทดสอบความมีเหตุผลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 ของโรงเรียนกุหลาบวิทยา จำนวน 26 คน ผลการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบสรุปว่ามีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 1.74-3.45 และมีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.94 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) ส่วนผลการสอบถามนักเรียนพบว่านักเรียนทุกคนเห็นว่าข้อสอบแต่ละข้อมีความชัดเจนทั้งสถานการณ์ ข้อคำถามและตัวเลือก

1.2.2 **แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล**

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล คือ แบบสังเกตที่ใช้สำหรับวัดความมีเหตุผลของตัวแทนนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการวัดความมีเหตุผลด้วยแบบทดสอบความมีเหตุผล ใช้ชื่อแบบสังเกตฉบับนี้ว่า “แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล” มีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ที่ประกอบด้วยรายการพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลทั้งหมด 7 ประการ มีรายละเอียดของการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

(1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการวัดและประเมินพฤติกรรมความมีเหตุผลจากแนวทางการวัดจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และการประเมินจิตพิสัยทางการศึกษา เพื่อกำหนดพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ซึ่งสรุปได้พฤติกรรมบ่งชี้ 7 ประการ

(2) กำหนดพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน โดยวิเคราะห์จากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนในชั้นเรียนและพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลที่กำหนด ผลการกำหนดพฤติกรรมที่ใช้สังเกตแสดงดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน
1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล	1.1 อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ
	1.2 เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ
2. เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2.1 ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
	2.2 ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 14 พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลและพฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้สังเกตระหว่างเรียน
3. ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ	3.1 ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	3.2 ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
4. แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น	4.1 ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์
	4.2 4.2 เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา
5. แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย	5.1 บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ
	5.2 สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ
6. แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	6.1 ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล
	6.2 อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
7. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	7.1 อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ
	7.2 ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) กำหนดลักษณะของมาตรวัดสำหรับการสังเกตพฤติกรรมแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) เนื่องจากสามารถบันทึกการสังเกตได้ง่ายและมีความแม่นยำของการตรวจสอบพฤติกรรม โดยกำหนดการตรวจสอบพฤติกรรม ดังนี้

ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนมีพฤติกรรมการแสดงออก

ไม่ปฏิบัติ หมายถึง นักเรียนไม่มีพฤติกรรมการแสดงออก

(4) จัดกลุ่มพฤติกรรมที่ใช้สังเกตออกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะการสังเกต คือ กลุ่มที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน มีจำนวน 9 พฤติกรรม และกลุ่มที่ 2 การสังเกตร่องรอยพฤติกรรม มีจำนวน 5 พฤติกรรม จากนั้น เรียงลำดับของพฤติกรรมที่ใช้สังเกตให้เป็นไปตามขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ง่ายต่อการสังเกต ซึ่งสรุปได้ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 กลุ่มพฤติกรรม และลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต

กลุ่มพฤติกรรม	ลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต
กลุ่มที่ 1 การสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน จำนวน 9 พฤติกรรม	1. ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์
	2. สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ
	3. อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ
	4. ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	5. ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น
	6. อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ
	7. เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ

ตารางที่ 15 กลุ่มพฤติกรรม และลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต

กลุ่มพฤติกรรม	ลำดับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต
กลุ่มที่ 1 (ต่อ)	8. อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ
	9. ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ
กลุ่มที่ 2 การสังเกตร่องรอยพฤติกรรม จำนวน 5 พฤติกรรม	10. ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ที่ศึกษา
	11. ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
	12. บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ
	13. ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล
	14. เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา

(5) กำหนดเกณฑ์การแปลผลที่ได้จากการตรวจสอบรายการ ให้เป็นคะแนน ดังนี้

ผลการตรวจสอบรายการพบว่านักเรียน<u>มี</u>พฤติกรรมแสดงออก ให้ 1 คะแนน

ผลการตรวจสอบรายการพบว่านักเรียน<u>ไม่มี</u>พฤติกรรมแสดงออก ให้ 0 คะแนน

(6) ดำเนินการสร้างแบบสังเกต จากนั้นนำแบบสังเกตที่สร้างเสร็จให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล ตลอดจนวิธีการสังเกตและความชัดเจนของภาษา แล้วจึงนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

(7) นำแบบสังเกตที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน (รายนามในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตกับพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของวิธีการและพฤติกรรมที่ใช้สังเกต จากนั้นคัดเลือกรายการประเมินที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli and Hambleton, 1977 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) และปรับปรุงแบบประเมินตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) รายการพฤติกรรมที่ใช้สังเกตทั้ง 7 รายการมีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

2) ควรปรับภาษาที่ใช้ในพฤติกรรมที่ใช้สังเกตข้อที่ 13 โดยแก้ไขคำที่เขียนว่า “ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอน” เป็นคำว่า “ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการ เอกสารและสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้ให้”

3) ควรปรับภาษาที่ใช้ในพฤติกรรมที่ใช้สังเกตข้อที่ 14 โดยแก้ไขคำที่เขียนว่า “เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ” เป็นคำว่า “เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบ”

4) ควรปรับแบบสังเกตให้มีการบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพด้วย เพื่อตรวจสอบได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ (จากการตรวจสอบรายการ) และข้อมูลเชิงคุณภาพ (การบันทึกจากผู้สังเกต) อันจะช่วยให้งานวิจัยมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือและอภิปรายผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5) ควรปรับวิธีการสังเกตให้มีการสังเกตอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ ในทุกหน่วยการเรียนรู้ที่จัดการเรียนการสอน เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพัฒนาการความมีเหตุผลของนักเรียน

(8) นำแบบสังเกตไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในระหว่างเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องที่ 3 การสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน เพื่อนำคะแนนที่ได้จากการสังเกตมาตรวจสอบค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) โดยนำคะแนนที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและอาจารย์โรงเรียนผู้สอนในโรงเรียน 1 ท่าน รวม 2 คน มาหาค่าความเที่ยงด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ซึ่งผลการตรวจสอบสรุปว่า คะแนนที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลมีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ประเมินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ .68 (ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แต่ละรายการประเมินแสดงในภาคผนวก ง)

สำหรับการคัดเลือกนักเรียนเพื่อสังเกตนั้นผู้วิจัยคัดเลือกจำนวนทั้งสิ้น 16 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 4 คน ซึ่งแบ่งเป็นนักเรียนกลุ่มทดลอง 8 คน จำนวน 2 กลุ่ม และนักเรียนกลุ่มควบคุม 8 คน จำนวน 2 กลุ่ม เช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นจำนวนที่เหมาะสมสำหรับศักยภาพในการสังเกตของผู้วิจัยเอง โดยทั้ง 16 คนที่คัดเลือกเพื่อสังเกตนั้น ใช้วิธีการคัดเลือกด้วยการสุ่มอย่างง่าย จากนั้นนำผลคะแนนทดสอบความมีเหตุผลก่อนเรียนมาทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สรุปได้ว่านักเรียนที่เป็นตัวแทนของทั้งสองห้องเรียนมีคะแนนความมีเหตุผลไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุก่อนเรียนของนักเรียนที่คัดเลือกเป็นตัวแทนในการสังเกตความมีเหตุผลระหว่างทดลอง ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	$\bar{X}$	S.D.	t
กลุ่มทดลอง	10.00	4.17	.515
กลุ่มควบคุม	8.86	4.55	

$P < .05$

ตารางที่ 16 แสดงว่า คะแนนความมีเหตุผลก่อนเรียนของนักเรียนที่คัดเลือกเป็นตัวแทนในการสังเกตความมีเหตุผลระหว่างทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา ซึ่งมี 2 แบบ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งใช้สำหรับกลุ่มทดลอง และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ใช้สำหรับกลุ่มควบคุม โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แบบครอบคลุมทั้งสาระ จำนวนแผนและจำนวนคาบเรียนที่เท่ากัน โดยมีขั้นตอนในการเขียนแผนและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดเรียนการสอนที่ใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งและรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E รวมถึงศึกษาและวิเคราะห์สาระชีววิทยาที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงานและการรักษาดุลยภาพในร่างกาย ประกอบด้วยระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบไหลเวียนเลือด และระบบภูมิคุ้มกัน โดยเป็นสาระที่หลักสูตรของโรงเรียนกุหลาบวิทยา พุทธศักราช 2551 ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ได้กำหนดไว้

(2) จัดสาระเพื่อใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 9 แผน จำนวน 25 คาบ สรุปได้ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สาระและจำนวนคาบที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา	จำนวนคาบ
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน		
1	การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสัตว์	2
2	กระบวนการย่อยอาหารของคน	2
3	การสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การรักษาดุลยภาพในร่างกาย		
4	การสูดลมหายใจเข้าและปล่อยลมหายใจออก	2
5	กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน	3
6	กระบวนการทำงานของหน่วยไต	3
8	หมู่เลือด การให้และการรับเลือด	2
9	กลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน	3
	รวม	25

(3) ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามสาระและจำนวนคาบที่กำหนด โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมเพื่อให้สอดคล้องกับรูปแบบการเรียนการสอนที่เลือกใช้ในแต่ละกลุ่ม ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างกันนี้มาจากผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E สรุปได้ดังตารางที่ 18-19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนการสอนระหว่างรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง	**รูปแบบวงจรการเรียนรู้** 5E
1. **การระบุภาระงาน** (Identification of the Task) คือ การสร้างความสนใจ การ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และระบุภาระงานให้กับนักเรียน	1. **การสร้างความสนใจ** (Engagement) คือ การนำเข้าสู่บทเรียนโดยการกระตุ้นความสนใจเพื่อนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่ต้องการศึกษา
2. **การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล** คือ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ	2. **การสำรวจและค้นหา** (Exploration) คือ การตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่ต้องการศึกษา ออกแบบ วางแผนการรวบรวมข้อมูล ปฏิบัติการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล
3. **การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว** คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล	3. **การอธิบายและลงข้อสรุป** (Explanation) คือ การวิเคราะห์และสื่อความหมายข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำไปสู่การสรุปผล
4. **กิจกรรมการโต้แย้ง** คือ การจัดให้มีการโต้แย้งทั้งห้องเรียน ด้วยการให้นักเรียนโต้แย้งระหว่างกลุ่ม	
5. **การเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ** คือ การให้นักเรียนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบเป็นรายบุคคล	4. **การขยายความรู้** (Elaboration) คือ การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์ใหม่
6. **การตรวจสอบโดยเพื่อน** คือ การตรวจสอบและประเมินรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อน ตามเกณฑ์ที่กำหนด และมีการให้ข้อมูลย้อนกลับ	5. **การประเมินผล** (Evaluation) คือ การประเมินการเรียนรู้ตามสภาพจริงด้วยกระบวนการประเมินที่หลากหลาย
7. **การปรับปรุงรายงาน** คือ การแก้ไข ปรับปรุงรายงานตามคำแนะนำของเพื่อน	

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งและรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง	**รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E**
ขั้นที่ 1 ระบุภาระงาน 1.1 ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้คำถาม การทำกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาสั้นๆ การสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของบทเรียน เป็นต้น 1.2 ครูทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน 1.3 ครูระบุภาระงานให้กับนักเรียน โดยชี้แจงภาระงานที่นักเรียนต้องปฏิบัติ รวมถึงขอบเขตและวิธีการปฏิบัติ	**ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ** 1.1 ครูนำนักเรียนเข้าสู่บทเรียนด้วยการกระตุ้นความสนใจให้กับนักเรียนด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การใช้คำถาม การทำกิจกรรมที่ใช้ระยะเวลาสั้นๆ การสนทนาเกี่ยวกับสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของบทเรียน เป็นต้น 1.2 ครูทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน 1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดขอบเขตของเรื่องจะศึกษาให้ชัดเจน
ขั้นที่ 2 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 2.1 นักเรียนร่วมกันออกแบบการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล 2.2 นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการที่ครูกำหนดด้วยการทำงานเป็นกลุ่ม	**ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา** 2.1 นักเรียนร่วมกันวางแผนและออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล 2.2 นักเรียนดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บรวมรวมข้อมูล

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งและรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (ต่อ)

รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง	**รูปแบบวงจรการเรียนรู้** 5E
ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว 3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างข้อโต้แย้งซึ่งเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของเรื่องที่ศึกษา โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ (1) ข้อกล่าวอ้าง (2) หลักฐาน และ (3) การให้เหตุผล เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ต	**ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป** 3.1 นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบและนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น แผนภาพ แผนผัง เป็นต้น 3.2 ครูนำนักเรียนสรุปด้วยการใช้คำถาม และเชื่อมโยงผลสรุปไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูเตรียมมา
ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง 4.1 ครูจัดและควบคุมกิจกรรมการโต้แย้ง โดยกำหนดประเด็น นิยามคำสำคัญของการโต้แย้ง 4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่ม (ทุกกลุ่ม) ส่งตัวแทนออกมานำเสนอข้อโต้แย้ง จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มอื่นโต้แย้งพร้อมให้เหตุผลประกอบ 4.3 ครูนำนักเรียนสรุปโดยใช้คำถามและเชื่อมโยงผลสรุปไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ครูเตรียมมา	
ขั้นที่ 5 เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ 7.1 นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ โดยมอบหมายให้นักเรียนทำเป็นการบ้าน	**ขั้นที่ 4 ขยายความรู้** 4.1 นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ ในรูปแบบต่างๆ เช่น รายงาน แผนภาพ เป็นต้น โดยมอบหมายให้นักเรียนทำเป็นการบ้าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบกิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งและรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนการสอน	
กลุ่มทดลอง	**กลุ่มควบคุม**
ขั้นที่ 6 การตรวจสอบโดยเพื่อน 6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบรายงานผลการสำรวจตรวจสอบของเพื่อนตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด ซึ่งจัดกิจกรรมนี้ในคาบถัดไป	**ขั้นที่ 5 ประเมินผล** 5.1 ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะแทรกอยู่ในทุกขั้นด้วยวิธีการประเมินต่างๆ เช่น การประเมินจากภาระงานที่มอบหมาย สังเกตจากการตอบคำถาม เป็นต้น
ขั้นที่ 7 ปรับปรุงรายงาน 7.1 นักเรียนแก้ไขปรับปรุงรายงานผลการสำรวจตรวจสอบตามคำแนะนำของเพื่อนจากผลการประเมินที่ได้จากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนและให้ทำเป็นการบ้านส่งครูตามวันและเวลาที่กำหนด	

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจพิจารณาความเหมาะสมและความชัดเจนของภาษาที่ใช้ตามองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ มาตรฐานและตัวชี้วัด วัตถุประสงค์ สาระกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล และสื่อการเรียนรู้ รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมการเรียนรู้กับรูปแบบการเรียนการสอนที่กำหนด จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีประสบการณ์การสอนชีววิทยามากกว่า 10 ปี จำนวน 3 ท่าน (รายนามดังภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณารายละเอียดต่างๆ เช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ
เรื่องที่ 1 **การย่อยอาหารของจุลินทรีย์และสัตว์**	1. แก้ไขเรื่องการแบ่งกลุ่มสัตว์ตามลักษณะการย่อยอาหาร เนื่องจากการแบ่งตามที่นำเสนอในครั้งแรกนั้นพบว่า ลักษณะการย่อยของสัตว์ไม่แบ่งแยกออกจากกันตามกลุ่มที่จัดแบ่งไว้อย่างชัดเจน จึงให้มีการแก้ไขโดยให้แบ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตดังนี้ (1) กลุ่มที่ดำรงชีวิตแบบผู้ย่อยสลาย (2) กลุ่มที่ดำรงชีวิตเป็นอิสระ ได้แก่ 2.1) สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว 2.2) สัตว์ แบ่งตามลักษณะทางเดินอาหาร ได้แก่ 2.2.1) สัตว์กลุ่มที่ไม่มีทางเดินอาหาร 2.2.2) สัตว์กลุ่มที่มีทางเดินอาหารไม่สมบูรณ์ 2.2.3) สัตว์กลุ่มที่มีทางเดินอาหารสมบูรณ์ 2. ให้ระบุชื่อเซลล์ที่ใช้การย่อยของไฮดราเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น โดย “แกรนด์เซลล์” ทำหน้าที่หลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยในช่องว่างกลางลำตัว ส่วน “นิวทริทีฟเซลล์” ทำหน้าที่ย่อยอาหารภายในเซลล์ ส่วนการย่อยอาหารของฟองน้ำให้เพิ่มเซลล์ที่ชื่อว่า amoebocyte 3. แก้ไขภาพที่ใช้แสดงเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยควรตัดภาพเห็ดออก เพราะไม่สอดคล้องกับคำถาม เนื่องจากคำถามถามว่า “สิ่งมีชีวิตที่แสดงในภาพกินอะไรเป็นอาหาร” ซึ่งหากเป็นภาพเห็ดจะไม่เรียกว่าการกิน แต่เรียกว่าการย่อยสลาย 4. แก้ไขเอกสารความรู้ที่นำมาใช้ เนื่องจากเป็นเอกสารความรู้ที่ไม่ดึงดูดให้นักเรียนอ่าน จึงควรปรับให้มีคำถามที่ช่วยชี้แนะให้นักเรียนรู้ในประเด็นที่ให้สำรวจตรวจสอบท้ายเอกสารความรู้ในแต่ละเรื่อง และขยายภาพให้มีขนาดใหญ่มากขึ้น 5. เพิ่มเติมคำตอบของคำถามนำอภิปรายว่า “การที่สัตว์เคี้ยวเอื้องมีกระเพาะอาหาร 4 ส่วน มีผลดีที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยแล้ว ยังสามารถกักเก็บอาหารได้ในปริมาณมาก”
เรื่องที่ 2 **กระบวนการย่อยอาหารของคน**	1. เพิ่มเติมในส่วนของสาระโดยให้สรุปแผนผังแสดงกระบวนการย่อยเชิงเคมีของโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน 2. เพิ่มเติมการทบทวนความรู้เดิมเรื่องความหมายของการย่อยเชิงกลและการย่อยเชิงเคมี 3. แก้ไขคำถามโดยขยายความคำว่า “การย่อยสมบูรณ์” ที่ปรากฏในคำถามเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าการย่อยสมบูรณ์คืออะไร 4. เพิ่มเติมคำถามอีก 1 ข้อ คือคำถามที่ว่า “เพราะเหตุใดเอนไซม์ที่ใช้ย่อยโปรตีนจึงหลั่งออกมาในรูปเอนไซม์ที่ไม่พร้อมทำงาน” (เพื่อป้องกันการย่อยเยื่อบุของอวัยวะที่หลั่งเอนไซม์) 5. เอกสารผลการศึกษาสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ปรับตารางบันทึกแอนิเมชั่นให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และปรับชื่อตารางบันทึกแอนิเมชั่นให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องการให้บักทึก

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ
เรื่องที่ 3 **การสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน**	1. แก้ไขสาระจากประโยคที่ว่า “อาจเรียกกระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนว่ากระบวนการหมัก” เปลี่ยนเป็น “กระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจนประกอบด้วยไกลโคลิซิสและกระบวนการหมัก” 2. เพิ่มเติมแผนผังแสดงกระบวนการสลายกลูโคสในแต่ละขั้นตอนลงในสาระ 3. เปลี่ยนคำว่า “krebs cycle” เป็นคำว่า “Krebs cycle” เนื่องจากเป็นชื่อบุคคลต้องขึ้นต้นด้วยตัวพิมพ์ใหญ่เสมอ 4. แก้ไขคำตอบของคำถาม จากประโยคที่ว่า “สรุปได้ ATP 36 โมเลกุล ซึ่งได้จาก NADH 4 โมเลกุลจากไกลโคลิซิส” เปลี่ยนเป็น “สรุปได้ ATP 36 โมเลกุล ซึ่งได้จาก NADH 2 โมเลกุลจากไกลโคลิซิส และการสร้างเอซิติล โคเอนไซม์ เอ 2 โมเลกุล” 5. ปรับวิธีการบันทึกผล โดยให้นักเรียนสรุปผลที่เกิดจากการศึกษาแอนิเมชั่นในการสลายกลูโคสแบบใช้ออกซิเจนก่อนที่จะให้นักเรียนศึกษาแอนนิเมชั่นการสลายกลูโคสแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยกำหนดเป็นประเด็นให้นักเรียนสรุป ได้แก่ บริเวณที่เกิด และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน 6. ควรปรับคำถามให้มีการถามคำถามที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันบ้าง เช่น ปรับจากคำถามที่ว่า “กรดแลกติกเกิดจากอะไร และหากสะสมมากจะเกิดอาการเช่นไร นักเรียนจะแก้ไขอย่างไร” ปรับเป็น “เมื่อเล่นกีฬาแล้วรู้สึกปวดเมื่อย นักเรียนคิดว่าเกิดจากอะไร และมีวิธีการแก้ไขอย่างไร” 7. เอกสารผลการศึกษาสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ปรับตารางบันทึกแอนิเมชั่น โดยปรับชื่อตารางให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องการให้บักทึก และปรับตารางให้มีช่องเพื่อบันทึกสรุปผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน
เรื่องที่ 4 **การสูดลมหายใจเข้าและการปล่อยลมหายใจออก**	1. แก้ไขจุดประสงค์ที่เขียนว่า “อธิบายกระบวนการทำงานของกะบังลมและกระดูกซี่โครง การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรในทรวงอกและความดันอากาศในปอด” เปลี่ยนเป็น “อธิบายกระบวนการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อกระดูกซี่โครง การเปลี่ยนแปลงของปริมาตรในทรวงอก ความดันอากาศในปอด กะบังลมและกระดูกซี่โครง” 2. ปรับการเขียนอธิบายขั้นตอนที่ให้นักเรียนบันทึกแอนิเมชั่น โดยให้ระบุรายละเอียดของแอนิเมชั่นเพื่อให้ผู้อ่านแผนเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ
เรื่องที่ 5 กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน	1. แก้ไขสาระที่เขียนว่า “แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยากับพลาสมาเป็นกรดคาร์บอนิก” เปลี่ยนเป็น “แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยากับน้ำในพลาสมาเป็นกรดคาร์บอนิก” 2. ปรับสาระให้มีความละเอียดมากขึ้น โดยสาระที่เขียนว่า “แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยากับน้ำในพลาสมาเกิดเป็นกรดคาร์บอนิก” ให้ระบุว่าการลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยปฏิกิริยาดังกล่าวนี้มีอยู่ประมาณร้อยละ 63 ส่วนอีกร้อยละ 30 รวมตัวกับฮีโมโกลบิน และอีกร้อยละ 7 ละลายอยู่ในเลือด 3. ปรับการเขียนจุดประสงค์ โดยให้ระบุบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สให้ชัดเจน 4. ปรับการใช้คำถามเนื่องจากไม่กระชับ โดยให้เปลี่ยนเป็นการถามว่า “การแลกเปลี่ยนแก๊สมีกระบวนการอย่างไร และเกิดขึ้นบริเวณใดของร่างกาย” 5. ปรับประเด็นการโต้แย้งเนื่องจากเป็นประเด็นที่ทำให้สื่อความหมายผิด โดยปรับจากประเด็นที่ว่า “กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สที่เกิดขึ้นในร่างกายทำให้ความหนาแน่นของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ปอด ถุงลม เลือดและเนื้อเยื่อ แตกต่างกันอย่างไร” เปลี่ยนเป็น “ความหนาแน่นของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและส่วนต่างๆ ของร่างกาย ได้แก่ ปอด ถุงลม เลือดและเนื้อเยื่อส่งระหว่างเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส แตกต่างกันอย่างไร”
เรื่องที่ 6 กระบวนการทำงานของหน่วยไต	1. แก้ไขสาระที่ระบุว่า “น้ำเป็นสารที่ถูกดูดกลับทั้งหมด” เปลี่ยนเป็น “น้ำเป็นสารที่ถูกดูดกลับบางส่วน” 2. ปรับการเขียนอธิบายขั้นตอนที่ให้นักเรียนบันทึกแอนิเมชั่น โดยให้ระบุรายละเอียดของแอนิเมชั่นเพื่อให้ผู้อ่านแผนเข้าใจกระบวนการที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน
เรื่องที่ 7 กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน	1. แก้ไขคำกล่าวของครูที่กล่าวว่า “หัวใจและหลอดเลือดทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนและลำเลียง” เปลี่ยนเป็น “หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือด ส่วนหลอดเลือดทำหน้าที่ลำเลียงเลือด” 2. แก้ไขคำถามที่ใช้นำเข้าสู่บทเรียน จากคำถามที่ว่า “นอกจากหัวใจแล้ว มีอวัยวะใดที่เกี่ยวข้องกับการไหลเวียนเลือด” เปลี่ยนเป็นคำถามที่ว่า “โครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการไหลเวียนเลือดคืออะไร” 3. ปรับการทบทวนความรู้เดิมเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือด จากเดิมคือการใช้คำถาม เปลี่ยนเป็นการแสดงภาพโครงสร้างและให้นักเรียนเขียนระบุชื่อและหน้าที่ลงในกระดาษที่ครูแจกให้

ตารางที่ 20 ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ
เรื่องที่ 7 กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน (ต่อ)	4. ปรับขั้นตอนการบันทึกแอนิเมชั่น โดยให้นักเรียนวาดโครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดก่อนที่จะให้นักเรียนบันทึกกระบวนการไหลเวียนเลือด เพราะหากให้บันทึกไปพร้อมกันอาจทำให้นักเรียนบันทึกไม่ทัน
เรื่องที่ 8 หมู่เลือด การให้และรับเลือด	1. ปรับสาระใน 2 ประเด็น คือ (1) ระบบหมู่เลือด Rh ควรเพิ่มเติมสาระเกี่ยวกับแอนติบอดี (2) ตัวอย่างการให้และรับเลือด เมื่อพิจารณาจากระบบหมู่เลือด ABO ให้เพิ่มเติมหมายเหตุใต้ตารางเพื่อให้สื่อความหมายชัดเจนยิ่งขึ้น โดยระบุว่า ✓ หมายถึง ให้และรับเลือดกันได้ - หมายถึง ให้และรับเลือดกันไม่ได้ 2. ให้เพิ่มสื่อวีดิทัศน์แสดงการทดสอบหมู่เลือดประกอบกับเอกสารที่ให้นักเรียนอ่าน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจชัดเจนยิ่งขึ้น 3. ปรับคำตอบสำหรับคำถาม จากเดิมที่เขียนว่า “การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียสช่วยเพิ่มพื้นที่ให้ฮีโมโกลบินจับกับออกซิเจนได้มากขึ้น” เปลี่ยนเป็น “การที่เซลล์เม็ดเลือดแดงไม่มีนิวเคลียสเป็นการลดขนาดของเซลล์เม็ดเลือดแดงทำให้เกิดความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ไปจับออกซิเจนได้มากขึ้น”
เรื่องที่ 9 กลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน	1. เพิ่มเติมคำตอบในคำถามนำเข้าสู่บทเรียนที่ถามว่า “นักเรียนเคยรับวัคซีนป้องกันโรคใดบ้าง และรับด้วยวิธีใด (โปลิโอ บาดทะยัก รับด้วยวิธีการฉีด)” ให้ปรับคำตอบเป็นว่า “รับด้วยวิธีการกินและฉีด” 2. ควรเพิ่มคำถามอีก 1 ข้อเกี่ยวกับกลไกการต่อต้านเชื้อโรคไวรัสตับอักเสบบี เนื่องจากปรากฏอยู่ในสถานการณ์ที่ให้นักเรียนโต้แย้ง

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนและการเก็บรวบรวบข้อมูลก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนทดลองสอนด้วยการแนะนำวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์วิธีการเรียนการสอน การเก็บคะแนน โดยใช้เวลา 1 คาบเรียน และสำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองผู้วิจัยเตรียมนักเรียนก่อนสอนเพิ่มเติมโดยแนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งให้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเข้าใจ 3 ประเด็น ได้แก่ (1) ลักษณะของการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (2) บทบาทของนักเรียนในการเรียนการสอน และ (3) วิธีการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อน หลังจากนั้นอีก 1 คาบเรียน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความมีเหตุผลด้วยแบบทดสอบความมีเหตุผลของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

4.2 การดำเนินการทดลองสอนและการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งกับกลุ่มทดลอง และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E กับกลุ่มควบคุม เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 25 คาบๆ ละ 50 นาที โดยทดลองสอนตั้งแต่วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง วันที่ 25 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 โดยระหว่างการดำเนินการทดลองสอน ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเรียนเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในส่วนของกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองในคาบเรียนสุดท้ายเรื่องกลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน และการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจำนวน 5 ครั้ง ระยะห่างระหว่างการสังเกต 1 สัปดาห์

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังจากดำเนินการทดลองสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม โดยวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยการทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง และวัดความมีเหตุผลด้วยแบบทดสอบความมีเหตุผลฉบับเดิมที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง โดยใช้เวลา 30 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ค่าสถิติสำเร็จรูป ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

(1) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง แล้วนำผลคะแนนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบสอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05 และคำนวณหาขนาดอิทธิพลโดยใช้ค่าดัชนี Cohen's d

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อวัดความมีเหตุผล

(1) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที (t-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ที่ระดับ .05 และคำนวณหาขนาดอิทธิพลโดยใช้ค่าดัชนี Cohen's d

(2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบความมีเหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังการทดลอง โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยนำเอาคะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากแบบทดสอบความมีเหตุผลก่อนการทดลองเป็นตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ และคำนวณหาขนาดอิทธิพลโดยใช้ค่าดัชนี ω^2

(3) หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความมีเหตุผล รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสังเกตความมีเหตุผลระหว่างการทดลอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอภิปรายผลที่ได้จากการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากแบบทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ (1) การทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (2) การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) **การทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** เป็นการทดสอบนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลอง ด้วยแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 36 คะแนน จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ดังนี้

1.1) เทียบคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองกับเกณฑ์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 21

1.2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ได้ผลแสดงดังตารางที่ 22 และแผนภาพที่ 6

(2) **การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์** เป็นการสังเกตจากพฤติกรรมการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ในการเรียนคาบสุดท้าย เรื่องกลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน ซึ่งมีคะแนนเต็ม 21 คะแนน จากนั้น นำคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 33)

คะแนน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความสามารถ
1. คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	21.24	2.95	ดี
2. กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	15.30	1.98	ดี

ตารางที่ 21 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 21.24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 59 จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี และมีคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 15.30 คะแนน จากคะแนนเต็ม 21 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 72.86 จัดอยู่ในเกณฑ์ความสามารถระดับดี

ตารางที่ 22 เปรียบเทียบคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

คะแนน	กลุ่มทดลอง (n = 33)		กลุ่มควบคุม (n = 33)		t [a]	Effect Size [b]
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	21.24	2.95	18.42	2.25	4.37*	.96

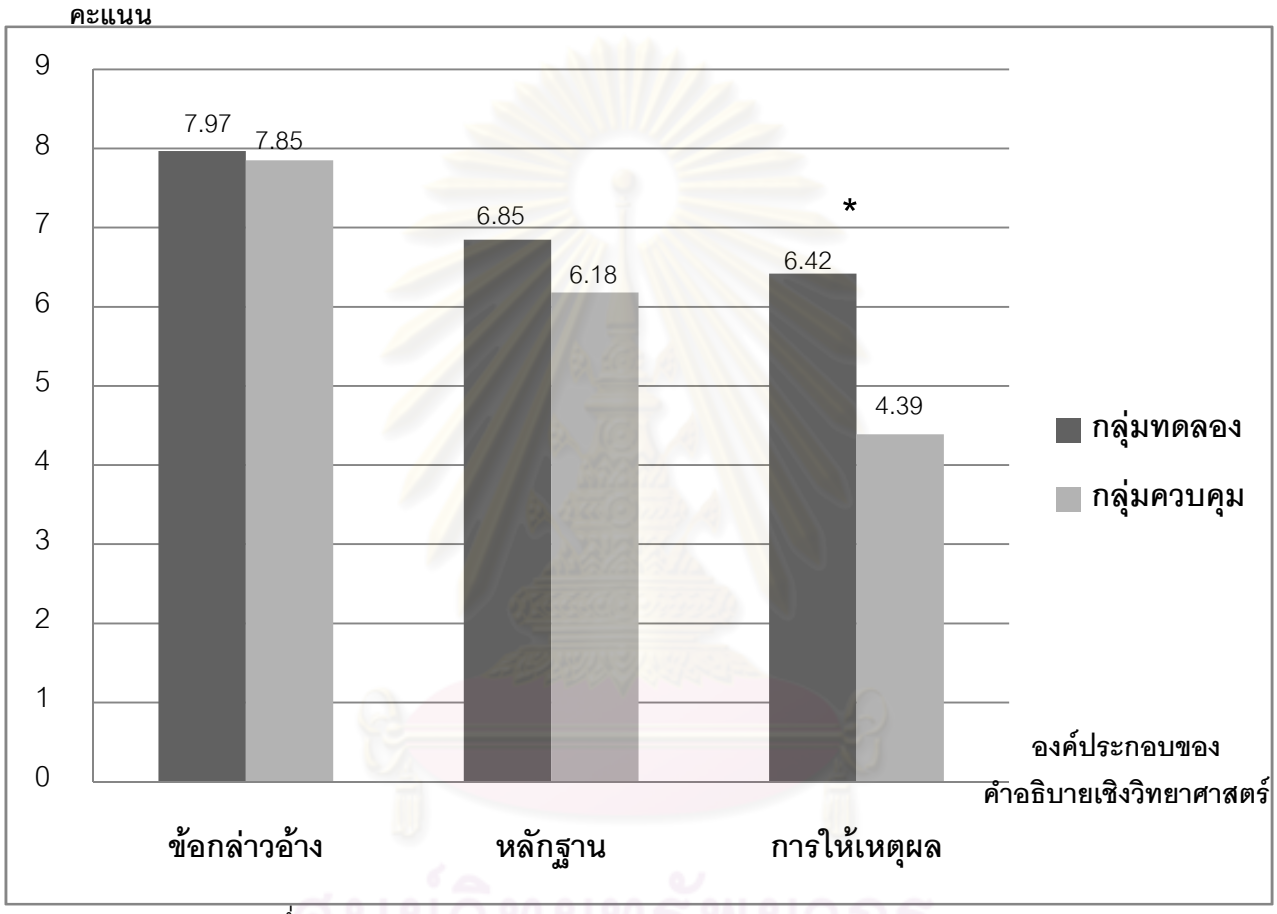
*P < .05

[a] Two-tailed Independent t-test. [b] ขนาดอิทธิพลวัดด้วยค่า Cohen's d (Gravetter and Wallnau, 2004: 261-262)

ตารางที่ 22 แสดงว่า ภายหลังการทดลอง คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.24 และ 18.42 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 59 และ 51.17 ตามลำดับ โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .96

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) และ (3) การให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ได้ผลการเปรียบเทียบ ดังนี้

แผนภาพที่ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม



*P < .05 ขนาดอิทธิพลซึ่งพิจารณาจากค่า Cohen's d เท่ากับ 1.28

แผนภาพที่ 6 แสดงว่า องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ข้อกล่าวอ้าง ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.97 และ 7.85 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.42 และ 65.42 ตามลำดับ รองลงมาคือ หลักฐาน ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.85 และ 6.18 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 57.08 และ 51.50 ตามลำดับ ส่วนลำดับสุดท้ายคือการให้เหตุผล ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.42 และ 4.39 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 53.50 และ 36.58 ตามลำดับ และมีเพียงองค์ประกอบการให้เหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความมีเหตุผล

การวิเคราะห์ความมีเหตุผล ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจาก 2 แหล่ง คือ (1) การทดสอบความมีเหตุผล และ (2) การประเมินพฤติกรรมความมีเหตุผล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1) **การทดสอบความมีเหตุผล** เป็นการทดสอบความมีเหตุผลของนักเรียนทุกคนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบทดสอบความมีเหตุผล ซึ่งมีคะแนนเต็ม 21 คะแนน โดยทดสอบก่อนและหลังเสร็จสิ้นการทดลอง จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยหลังการทดลองมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยก่อนทดลอง ได้ผลแสดงดังตารางที่ 23 และนำเฉพาะคะแนนหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกัน ได้ผลแสดงดังตารางที่ 24-25

(2) **การประเมินพฤติกรรมความมีเหตุผล** เป็นการสังเกตพฤติกรรมของตัวแทนนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 8 คน ระหว่างเรียน จำนวน 5 ครั้ง สังเกตโดยใช้วิธีการตรวจสอบรายการ (Checklist) จากรายการพฤติกรรมความมีเหตุผลที่กำหนดทั้งหมด 14 พฤติกรรม มีคะแนนเต็ม 14 คะแนน และบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการสังเกต จากนั้นนำคะแนนเฉลี่ยและข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้มาเปรียบเทียบระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ได้ผลดังตารางที่ 26

ตารางที่ 23 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		t[a]	Effect Size[b]
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
กลุ่มทดลอง	9.73	4.25	11.73	2.50	-2.33*	.47
กลุ่มควบคุม	8.30	4.41	8.82	4.45	-0.47	-

*P < .05

[a] Two-tailed Independent t-test. [b] ขนาดอิทธิพลวัดด้วยค่า Cohen's d (Gravetter and Wallnau, 2004: 261-262)

ตารางที่ 23 แสดงว่า ภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.73 และ 9.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.86 และ 46.33 ตามลำดับ โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .47 ส่วนนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลหลังการทดลองไม่แตกต่างกับก่อนทดลอง

ตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยก่อนขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}$) ค่าเฉลี่ยหลังขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม ($\bar{x}'$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}'$
กลุ่มทดลอง	9.73	4.25	11.73	2.50	11.48
กลุ่มควบคุม	8.30	4.41	8.82	4.45	9.07

ตารางที่ 24 แสดงว่า ก่อนทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลเท่ากับ 9.73 และ 8.30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 46.33 และ 39.52 ตามลำดับ หลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลเท่ากับ 11.73 และ 8.82 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 55.86 และ 42 ตามลำดับ และเมื่อขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วม นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลเท่ากับ 11.48 และ 9.07 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 54.67 และ 43.19 ตามลำดับ

เมื่อได้คะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลหลังการทดลองที่มีการขจัดอิทธิพลของตัวแปรร่วมแล้ว ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนความมีเหตุผลระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของคะแนนความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F [a]	Effect Size [b]
ตัวแปรร่วม	1	148.47	148.47	13.62*	
ระหว่างกลุ่ม	1	93.12	93.12	8.54*	.44
ภายในกลุ่ม	1	609.49	609.49		
ความคลาดเคลื่อน	63	686.98	10.90		
รวมทั้งหมด	65	975.09			

*P < .05

[a] Two-tailed Independent F-test. [b] ขนาดอิทธิพลวัดด้วยค่า ω^2 (Howell, 2004: 384)

ตารางที่ 25 แสดงว่า เมื่อใช้คะแนนความมีเหตุผลก่อนเรียนเป็นตัวแปรร่วม ภายหลังทดลองนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ .44

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบคะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกต ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

สังเกตครั้งที่	บทเรียนเรื่อง	กลุ่มทดลอง (n = 8)		กลุ่มควบคุม (n = 8)		t [a]	Effect Size [b]
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1	การสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน	4.63	1.92	3.00	1.60	1.84	-
2	กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน	10.75	2.55	3.00	2.73	5.87*	3.04
3	กระบวนการทำงานของหน่วยไต	10.13	3.68	4.13	2.10	4.00*	1.63
4	หมู่เลือด การให้และรับเลือด	9.38	3.02	4.50	2.20	3.69*	1.62
5	กลไกการสร้างภูมิคุ้มกัน	9.25	2.71	3.63	1.06	5.46*	2.07

*P < .05

[a] Two-tailed Independent t-test. [b] ขนาดอิทธิพลวัดด้วยค่า Cohen's d (Gravetter and Wallnau, 2004: 261-262)

ตารางที่ 26 แสดงว่า คะแนนความมีเหตุผลที่ได้จากการสังเกตครั้งที่ 2, 3, 4, และ 5 ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองเท่ากับ 10.75, 10.13, 9.38 และ 9.25 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.78, 72.36, 67, และ 66.07 ตามลำดับ และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มควบคุมเท่ากับ 3.00, 4.13, 4.50 และ 3.63 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 21.43, 29.50, 32.14, และ 25.93 ตามลำดับ โดยมีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 3.04, 1.63, 1.62 และ 2.07 ตามลำดับ

เมื่อใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพวิเคราะห์และเปรียบเทียบพฤติกรรมที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแสดงออก สามารถแบ่งพฤติกรรมได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองแสดงออกได้ชัดเจนและมากกว่ากลุ่มควบคุม

(2) พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแสดงออกใกล้เคียงกัน

(1) พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองแสดงออกได้ชัดเจนและมากกว่ากลุ่มควบคุม

พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองแสดงออกได้ชัดเจนและมากกว่ากลุ่มควบคุม มีจำนวน 10 พฤติกรรม จากรายการพฤติกรรมทั้งหมด 14 รายการ และสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมที่นักเรียนมีการแสดงออกมากที่สุดไปสู่พฤติกรรมที่แสดงออกน้อยที่สุด ดังต่อไปนี้

1.1) **การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มทดลองมีการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ในการเขียนสรุปผลแต่ระบุหลักฐานไม่ครบถ้วน ทำให้การเขียนสรุปผลไม่สมบูรณ์ เช่นตัวอย่างที่นำเสนอต่อไปนี้คือการเขียนสรุปผลเรื่องหมู่เลือด การให้และรับเลือด โดยสมมติให้สมาชิกในกลุ่ม 1 คนเป็นผู้ต้องการรับเลือด นักเรียนจะต้องเขียนสรุปว่าสมาชิกคนใดในกลุ่มที่สามารถให้เลือดกับเพื่อนได้อย่างปลอดภัย พร้อมกับแสดงหลักฐานโดยการระบุหมู่เลือดของสมาชิกในกลุ่มแต่ละคนพร้อมกับอธิบายลักษณะของเลือด และให้เหตุผลด้วยการเขียนอธิบายว่าเพราะเหตุใดสมาชิกคนที่นักเรียนเขียนสรุปจึงให้เลือดได้หรือให้เลือดไม่ได้ ซึ่งนักเรียนที่ยกตัวอย่างต่อไปนี้เขียนแสดงหลักฐานได้ไม่ครบถ้วน ดังนี้

“หากนางสาวส้ม ซึ่งมีหมู่เลือด B ต้องการรับเลือด ผู้ที่ให้เลือดได้คือนายแดง และนางสาวฟ้า ส่วนนางสาวน้ำเงินไม่สามารถให้เลือดได้ (ข้อสรุป) เพราะ นายแดงมีหมู่เลือด B นางสาวฟ้า

มีหมู่เลือด O ซึ่งมีแอนติบอดี A และ B ส่วนนางสาวน้ำเงินมีหมู่เลือด A ซึ่งมีแอนติเจน A และแอนติบอดี B (หลักฐาน) เนื่องจากหลักการให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือแอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับ ทำให้นางสาวน้ำเงินไม่สามารถให้เลือดกับนางสาวส้มได้ (การให้เหตุผล)"

บทเรียนเรื่องหมู่เลือด การให้และรับเลือด

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 14 ก.พ. 2554

1.2) **การเขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา** ผลการสังเกตสรุปว่า มีนักเรียนในกลุ่มควบคุมเพียง 1-2 คนเท่านั้นที่เขียนอภิปรายผลโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้น และมีการเขียนสรุปในลักษณะดังกล่าวเพียง 1-2 ครั้งตลอดระยะเวลาของการเรียนการสอน สำหรับนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มทดลองมีการใช้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์เขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล แต่การเรียบเรียงรูปประโยคยังขาดความสละสลวย เช่น

"ผลการศึกษาสรุปว่า สารที่ผ่านเข้าสู่หน่วยไตแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) สารที่ไม่มีการดูดกลับ ได้แก่ ยูเรีย (2) ดูดกลับบางส่วน ได้แก่ น้ำและโซเดียม (3) ดูดกลับมาทั้งหมด ได้แก่ กลูโคส เนื่องจากสารที่ดูดกลับมาทั้งหมดเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย สารที่ขับออกทั้งหมดอาจเป็นสารพิษต่อร่างกาย และสารที่เกี่ยวข้องกับการรักษาสมดุลน้ำและแร่ธาตุ ดูดกลับไม่หมด (มีการดูดกลับบางส่วนและขับออกบางส่วน) เพราะต้องการปรับสมดุลในร่างกายไม่ให้มีมากเกินไปหรือน้อยเกินไป"

บทเรียนเรื่องกระบวนการทำงานของหน่วยไต

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 31 ม.ค. 2554

1.3) **การอภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ** ผลการสังเกตสรุปว่า ส่วนใหญ่นักเรียนที่เป็นสมาชิกในกลุ่มจะมีความคิดเห็นในเรื่องต่างๆ คล้ายกัน มีความเห็นด้วยหรือขัดแย้งในประเด็นเดียวกัน จึงมีการโต้แย้งระหว่างกันน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนักเรียนโต้แย้ง หลักฐานที่นักเรียนใช้ทุกครั้งคือเอกสารผลการศึกษาในหัวข้อผลการทำกิจกรรมที่ต่างคนต่างบันทึกได้ ขณะที่มีนักเรียนเพียง 1-2 คนในกลุ่มควบคุมที่แสดงพฤติกรรมนี้ โดยสมาชิกในกลุ่มส่วนใหญ่จะเชื่อหรือคล้อยตามความคิดเห็นของนักเรียนที่เก่งกว่า ทำให้พฤติกรรมการโต้แย้งเกิดขึ้นน้อยมากในกลุ่มควบคุม

1.4) **การอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้น ๆ** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่แสดงพฤติกรรมโดยนักเรียนจะนำบันทึกผลการสำรวจ

ตรวจสอบมาอภิปรายร่วมกัน และมีสมาชิกในกลุ่ม 1 คน เป็นผู้ตั้งคำถามเกี่ยวกับสาเหตุหรือผลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบที่นักเรียนแต่ละคนบันทึกได้ไม่ตรงกัน จากนั้นสมาชิกในกลุ่มคนอื่นร่วมกันอภิปราย แต่การอภิปรายนั้นเป็นการนำเสนอทางเลือกเพื่อค้นหาคำตอบ ไม่ได้นำผลที่บันทึกได้มาอภิปรายเพื่อค้นหาคำตอบ เช่น

นักเรียนคนหนึ่งในกลุ่มถามว่า "ทำไมน้ำซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายไม่มีการดูดกลับทั้งหมด" นักเรียนอีกคนหนึ่งในกลุ่มตอบว่า "ลองถามครูดูสิ" ขณะที่นักเรียนอีกคนหนึ่งในกลุ่มตอบว่า "ฉันจะเปิดหนังสือดู"

บทเรียนเรื่องกระบวนการทำงานของหน่วยไต

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 31 ม.ค. 2554

1.5) **การเขียนหรือพูดในเรื่องต่าง ๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ** ผลการสังเกตสรุปว่าได้คล้ายกับพฤติกรรมข้อ 1.4) กล่าวคือส่วนใหญ่สมาชิกในกลุ่มจะมีความคิดเห็นคล้ายกัน จึงมีการโต้แย้งระหว่างสมาชิกในกลุ่มค่อนข้างน้อย โอกาสที่นักเรียนจะได้พูดโดยแสดงเหตุผลประกอบจึงมีน้อย แต่พบว่าการพูดโดยแสดงเหตุผลประกอบมักจะเกิดขึ้นกับการพูดกับครู และการแสดงเหตุผลประกอบการพูดนั้นจะเกิดจากคำถามของครูที่ใช้คำถามต่อเนื่องเพื่อให้นักเรียนแสดงเหตุผล เช่น

นักเรียนถามครูว่า "คนที่มีเลือดหมู่ AB ตรงกันข้ามกับหมู่ O ใช่หรือไม่" ครูจึงถามนักเรียนว่า "ตรงกันข้ามคืออะไร" นักเรียนตอบว่า "หมู่ AB รับเลือดได้อย่างเดียว ส่วนหมู่ O ให้เลือดได้อย่างเดียว" ครูถามต่อว่า "เพราะเหตุใดคนที่มีหมู่เลือด AB จึงให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือดอื่นๆ ไม่ได้นอกจากคนที่มีหมู่เลือด AB ด้วยกัน" นักเรียนตอบว่า "เพราะว่า..." (นักเรียนตอบโดยแสดงเหตุผลประกอบ)

บทเรียนเรื่องหมู่เลือด การให้และรับเลือด

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 14 ก.พ. 2554

1.6) **การตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มทดลองตั้งคำถามที่ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุ สังเกตได้จากข้อคำถามที่มีการใช้คำว่า "เพราะเหตุใด" "ทำไม" ค่อนข้างน้อยมาก แต่มักเป็นคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการที่จะเรียน ซึ่งตั้งคำถามโดยใช้คำว่า "อะไร" "อย่างไร" "หรือไม่" เป็นส่วนใหญ่ เช่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ครูให้นักเรียนเขียนคำถามที่นักเรียนอยากรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องความหนาแน่นของแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและส่วนต่างๆ ของร่างกาย ขณะเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส นักเรียนเขียนตอบว่า "กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สเป็นอย่างไร" "เกิดขึ้นที่อวัยวะใดบ้าง" "ความหนาแน่นในแต่ละส่วนเป็นเท่าใด" "ความหนาแน่นในแต่ละส่วนเท่ากันหรือไม่" เป็นต้น

บทเรียนเรื่องกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 27 ม.ค. 2554

1.7) **การออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองแสดงพฤติกรรมนี้เด่นชัดกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามการออกแบบของนักเรียนนั้นมักออกแบบอย่างคร่าวๆ ไม่ลงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนและเป็นการออกแบบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อย่างไม่ครบถ้วน ส่วนการดำเนินการสำรวจตรวจสอบนั้นนักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนที่ครูกำหนด ซึ่งเป็นการดำเนินการโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อยู่แล้ว ตัวอย่างการออกแบบและวางแผนการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ แสดงดังนี้

ครูให้นักเรียนออกแบบขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบเรื่องความแตกต่างของการดูดกลับและขับสารออกของหน่วยไต นักเรียนกลุ่มหนึ่งออกแบบดังนี้

1. *วิเคราะห์คำถามที่ครูกำหนด*
2. *ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบขับถ่าย*
3. *ศึกษาเฉพาะหน่วยไต*
4. *ศึกษาเพิ่มเติมจากแอนิเมชั่น*
5. *เขียนข้อโต้แย้งแล้วนำเสนอ*
6. *สรุปและอภิปรายผล*

บทเรียนเรื่องกระบวนการทำงานของหน่วยไต

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 31 ม.ค. 2554

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8) **การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนที่แสดงพฤติกรรมนี้ส่วนใหญ่จะใช้การถามจากครูและเพื่อน มีการใช้ข้อมูลจากหนังสือเรียนบ้างเล็กน้อย เช่น

นักเรียนคนหนึ่งถามครูว่า "ทำไมเวลาให้และรับเลือด แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับแอนติบอดีของผู้รับคะ"

บทเรียนเรื่องหมู่เลือด การให้และรับเลือด

นักเรียนกลุ่มทดลอง, 14 ก.พ. 2554

1.9) **การซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น** ผลการสังเกตทั้งสองพฤติกรรมสรุปว่านักเรียนกลุ่มทดลองพฤติกรรมแสดงพฤติกรรมเด่นชัดกว่ากลุ่มควบคุมแต่ค่อนข้างน้อยมาก โดยพบว่าสมาชิกมีการโต้แย้งระหว่างสมาชิกในกลุ่มค่อนข้างน้อย การยอมรับความคิดเห็นก็มักคล้อยตามกันโดยไม่ซักถามเหตุผลเพิ่มเติม

1.10) **การตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น** ผลการสังเกตทั้งสองพฤติกรรมสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองส่วนใหญ่ที่แสดงพฤติกรรมนี้มักให้สมาชิกในกลุ่มที่ต้องการแสดงความคิดเห็นนำหนังสือเรียน หรือเอกสารผลการศึกษามายืนยัน และยังสังเกตพบว่าการยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็นของกลุ่มนั้นมาจากมติของคนส่วนใหญ่ในกลุ่มมากกว่าเกิดจากการพิจารณาด้วยเหตุผลของแต่ละบุคคล

(2) **พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแสดงออกใกล้เคียงกัน**

พฤติกรรมความมีเหตุผลที่นักเรียนกลุ่มกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแสดงออกในลักษณะที่ใกล้เคียงกันมีจำนวน 4 พฤติกรรม จากรายการพฤติกรรมทั้งหมด 14 รายการ และสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมที่นักเรียนมีการแสดงออกมากที่สุดไปสู่พฤติกรรมที่แสดงออกน้อยที่สุด ดังต่อไปนี้

2.1) **การปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีการดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามที่ครูกำหนดไว้อย่างครบถ้วนทุกขั้นตอน ประกอบกับคำถามหรือปัญหาที่ครูกำหนดให้เป็นคำถามที่นำไปสู่การดำเนินการเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ ดังนั้นนักเรียนที่ดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อตอบคำถามที่ครูกำหนดจึงเสมือนกับเป็นการดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์

2.2) **การบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มแสดงพฤติกรรมทุกครั้งที่สังเกต เนื่องจากการเรียนการสอนทุกครั้งมีกิจกรรมให้นักเรียนได้บันทึกข้อมูลระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ อย่างไรก็ตาม รายละเอียดของการบันทึกระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมนั้นแตกต่างกัน เช่น นักเรียนกลุ่มทดลองบางคนบันทึกทั้งภาพและเขียนรายละเอียดประกอบ ขณะที่นักเรียนบางคนมีการใช้สัญลักษณ์ อักษรย่อในการบันทึก เป็นต้น

2.3) **การใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มมีการแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้งและต่อเนื่อง โดยนักเรียนส่วนใหญ่จะใช้เอกสารผลการศึกษา ซึ่งเป็นการบันทึกผลที่ได้ระหว่างการสำรวจตรวจสอบ ทั้งที่เป็นเอกสารของตนเองและของสมาชิกในกลุ่ม เพื่อใช้ตรวจสอบความถูกต้องของผลการสำรวจตรวจสอบ นอกจากนี้มีนักเรียนบางคน ซึ่งเป็นจำนวนน้อยมากใช้หนังสือเรียนหรือเอกสารประกอบการเรียนที่ครูแจกให้

2.4) **การสืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผล** ผลการสังเกตสรุปว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะใช้วิธีการถามจากครูมากกว่าการสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง และคำถามที่นักเรียนถามนั้นเป็นคำถามที่เจาะจงคำตอบและตรวจสอบความแน่ใจในหลักฐานที่ตนมีอยู่ ไม่ได้ถามแหล่งข้อมูลที่ใช้สืบค้นเพิ่มเติม เช่น

นักเรียนถามครูว่า “กระบวนการที่ผมบันทึกได้จากแอนิเมชั่นถูกต้องมั้ยครับ” “หนูใช้ข้อมูลจากช่องในตารางนี้เขียนสรุปนะคะ” เป็นต้น

บทเรียนเรื่องการสลายกลูโคสแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน

นักเรียนกลุ่มควบคุม, 24 ธ.ค. 2553

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มุ่งศึกษาผลของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุหลาบวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 33 คน คือกลุ่มทดลองเรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และกลุ่มควบคุมเรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ทั้งสองกลุ่มใช้ระยะเวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ รวม 25 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลองด้วยการทดสอบความมีเหตุผล เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลองด้วยการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในการเรียนคาบสุดท้าย และการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลจำนวน 5 ครั้ง เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองด้วยการทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และทดสอบความมีเหตุผล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทดสอบสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยคะแนน 2 ส่วน ได้แก่ (1) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนเท่ากับ 21.24 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 21 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี (2) กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้คะแนนเท่ากับ 15.30 คะแนน สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 13 คะแนน จัดอยู่ในความสามารถระดับดี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ภายหลังการทดลอง นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความมีเหตุผลและมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1.1 การศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดจาก 2 ส่วน ได้แก่ (1) คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (2) กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับดี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ

ประการแรก คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับดี อาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งส่งเสริมให้นักเรียนฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีโอกาสฝึกถึง 2 ครั้งสำหรับการเรียนในแต่ละครั้ง กล่าวคือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ครั้งแรกเกิดขึ้นในขั้นตอนที่นักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้ง และครั้งที่สองเกิดขึ้นในขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ นอกจากนี้ หากนักเรียนคนใดได้รับผลการประเมินจากกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนไม่ผ่าน นักเรียนก็มีโอกาสปรับปรุงหรือแก้ไขรายงานอีกครั้ง

จึงนับเป็นการเพิ่มโอกาสในการฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น ดังนั้น นอกจากจะเพิ่มพูนประสบการณ์ในการสร้างคำอธิบายแล้ว นักเรียนยังมีโอกาสปรับปรุงคำอธิบายให้มีคุณภาพสูงขึ้น รวมถึงการเรียนรู้ลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ กล่าวคือเป็นคำอธิบายที่ประกอบด้วยข้อกล่าวอ้างที่ตรงกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ มีการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องและครบถ้วน และให้เหตุผลด้วยการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและมีจำนวนที่เหมาะสมเพื่อใช้อธิบายและแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน การที่นักเรียนกลุ่มทดลองได้มีโอกาสฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจึงส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากการทดสอบหลังเสร็จสิ้นการทดลองอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Sampson et al. (2010: 10-16) ที่พบว่าภายหลังการทดลอง นักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งได้คะแนนการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดจากการเขียนรายงานวิชาปฏิบัติการเคมีสูงกว่ารายงานแต่ละครั้งระหว่างเรียนจำนวน 5 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

นอกจากนี้ การที่นักเรียนมีโอกาสฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ร่วมกันในกลุ่มก่อนที่นำมาสู่การโต้แย้งเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล อาจมีส่วนทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนแต่ละบุคคลให้ดีขึ้น เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดและเรียนรู้ได้มากขึ้น การได้โต้ตอบความคิดของตนเอง การแลกเปลี่ยนเรียนรู้สิ่งที่ตนเองคิดกับผู้อื่นจะช่วยให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายมากยิ่งขึ้น (Atherton, 2009 อ้างถึงใน จรรยา ดาสา, 2552: 72) สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky (1962: 104 อ้างถึงใน Sprod, 1998: 463) ที่กล่าวว่า “สิ่งที่เด็กสามารถทำได้ด้วยการร่วมมือกันในวันนี้ เขาจะสามารถทำได้ด้วยตนเองในวันพรุ่งนี้”

ประการที่สอง กระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับดี สอดคล้องกับทัศนะของ Walker et al. (2010: 6) ซึ่งได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งไว้ว่า “การสร้างและการนำเสนอรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบที่เน้นการโต้แย้ง มีแนวโน้มในการช่วยพัฒนานักเรียนในเรื่องกระบวนการสืบสอบ เช่น วิธีการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ทักษะการให้เหตุผล เช่น วิธีการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างด้วยหลักฐาน” ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวนี้ เน้นกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ ขั้นตอนของการเรียนการสอนนั้นเริ่มต้นด้วยการที่ครูเป็นผู้กำหนดคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ เมื่อนักเรียนได้รับทราบคำถามและหรือปัญหาดังกล่าวแล้ว นักเรียนต้องวิเคราะห์คำถามหรือปัญหา วางแผนและออกแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำไปสู่การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลแล้ว

สร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามหรือนำเสนอข้อกล่าวอ้างของปัญหาด้วยการแสดงหลักฐานและมีการให้เหตุผลประกอบ กระบวนการที่เกิดขึ้นตั้งแต่การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาจนกระทั่งได้ผลงานเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ถือเป็นกระบวนการสร้างคำอธิบายที่นักเรียนได้เรียนรู้และซึมซับตลอดระยะเวลาของการทดลอง เพราะการเรียนการสอนทุกครั้งนักเรียนต้องใช้กระบวนการดังกล่าวเสมอ

นอกจากนี้ ขั้นตอนการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบ ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นการพัฒนากระบวนการสร้างคำอธิบายของนักเรียน เพราะนักเรียนจะต้องสืบสอบหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งการสืบสอบนั้นจะต้องมีการวิเคราะห์ การวางแผน การออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาสู่การหาคำตอบในปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบใดก็ได้ อาทิ แบบจำลอง คำอธิบาย สิ่งประดิษฐ์ เป็นต้น ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่ากระบวนการตั้งแต่เริ่มต้นสืบสอบจนกระทั่งได้คำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเป็นกระบวนการเดียวกับกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาสตร์ เพียงแต่กระบวนการสืบสอบไม่ได้ระบุหรือจำกัดให้ผลงานสุดท้ายของการสืบสอบคือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การเรียนรู้ด้วยการสืบสอบจึงมีส่วนทำให้นักเรียนมีคะแนนกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี สอดคล้องกับการประยุกต์ทฤษฎีสรรคนิยมมาใช้เป็นแนวปฏิบัติหรือวิธีการสอนนั้นพบว่าวิธีสอนแบบสืบสอบเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ดังที่ *ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์* 2544: 33) กล่าวสรุปไว้ว่า “นักการศึกษาโดยเฉพาะนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นนักการศึกษากลุ่มแรกที่นำแนวคิดของทฤษฎีสรรคนิยมมาใช้ พบว่าการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบเป็นหนึ่งวิธีการหรือแนวทางปฏิบัติที่ประสบความสำเร็จในการเรียนการสอน”

1.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker et al. (2010: 13-17) ที่พบว่านักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีความสามารถในการใช้หลักฐานและให้เหตุผลสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวเน้นให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการโต้แย้งและใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนจึงได้เรียนรู้และมีโอกาสฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E อีกทั้งกลวิธีการโต้แย้ง

ยังมีส่วนช่วยพัฒนาให้นักเรียนเรียนรู้ลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพ เพราะการโต้แย้งทำให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นระหว่างกัน รวมทั้งมีการปรับหรือแก้ไขมโนทัศน์ที่เกิดความคลาดเคลื่อนระหว่างสมาชิกในกลุ่ม เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างที่ประกอบด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์และมีการให้เหตุผลที่ถูกต้อง มีน้ำหนักเพียงพอและเกิดจากมติร่วมกันของสมาชิกในกลุ่ม สอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky (1978 อ้างถึงใน Crowl et al., 1997: 69) ที่มีพื้นฐานความเชื่อที่ว่า “ความรู้คือสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นจากบริบททางสังคม วัฒนธรรม การสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น” ดังนั้น การที่นักเรียนโต้แย้งระหว่างสมาชิกในกลุ่มและระหว่างกลุ่มในชั้นเรียนจึงเป็นการส่งเสริมให้เกิดการสื่อสารและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น รวมทั้งสร้างบริบทให้นักเรียนเสมือนอยู่ในสังคมวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในสังคมวิทยาศาสตร์นั้น นักวิทยาศาสตร์จะใช้การโต้แย้งเป็นกลวิธีหลักในการสร้างและเลือกยอมรับคำอธิบายของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ดังทัศนะของ Ford and Forman (2006 อ้างถึงใน Berland and Reiser, 2009: 27) ที่กล่าวว่า “การเรียนรู้ในสังคมของทั้งนักวิทยาศาสตร์และนักเรียนคือกระบวนการสร้าง ทดสอบและปรับปรุงความเข้าใจด้วยการโต้แย้งเกี่ยวกับวิธีการที่ดีที่สุดในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือกล่าวได้ว่าคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้นโดยการโต้แย้ง”

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดสอบระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมพบว่า คะแนนเฉลี่ยของข้อกล่าวอ้างและหลักฐานระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน มีเพียงองค์ประกอบการให้เหตุผลที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเรียงลำดับคะแนนในแต่ละองค์ประกอบพบว่านักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนข้อกล่าวอ้างสูงกว่าหลักฐานและการให้เหตุผล ตามลำดับ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ McNeill et al. (2006: 172-179) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยวิธีการสืบสอบร่วมกับการลดการเสริมศักยภาพมีคะแนนเฉลี่ยของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบด้านการให้เหตุผลเท่านั้นที่สูงกว่านักเรียนกลุ่มเปรียบเทียบที่เรียนโดยวิธีการสืบสอบร่วมกับการเสริมศักยภาพอย่างต่อเนื่อง และผลการวิจัยยังพบว่า นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มได้คะแนนเฉลี่ยในด้านการให้เหตุผลต่ำที่สุด เช่นเดียวกับผลการวิจัยเชิงคุณภาพของ Peker and Wallace (2009: online) ที่พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองประสบปัญหาในการเขียนคำอธิบายปรากฏการณ์ที่มีความซับซ้อนของความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ได้คะแนนในส่วนการให้เหตุผลต่ำกว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่สร้างยากและต้องมีพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอต่อการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน สอดคล้องกับทัศนะของ McNeill et al. (2006: 181) ที่กล่าวว่า “องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ด้านการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่สร้างได้ยากที่สุดสำหรับนักเรียน เนื่องจากนักเรียนประสบปัญหาในการ

สนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานให้มีความน่าเชื่อถือ” เพราะการให้เหตุผลนั้น เป็นการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นหมายความว่า นักเรียนต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับคำอธิบายที่ต้องการสร้างอย่างถูกต้อง อีกทั้งต้องมีความสามารถในการคัดเลือกความรู้ที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้สร้างคำอธิบายให้มีน้ำหนักและน่าเชื่อถือ ยิ่งไปกว่านั้น การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบสุดท้ายสำหรับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่นักเรียนสร้างขึ้นก่อนหน้า ดังนั้นหากนักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างและ/หรือหลักฐานผิด การให้เหตุผลของนักเรียนก็อาจผิดไปด้วย นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาธรรมชาติของข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล จะพบว่าข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่มีลักษณะคล้ายกับการตอบคำถามด้วยประโยคที่กระชับและได้ใจความ เป็นความรู้ที่ได้จากการศึกษา เมื่อทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจึงสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้โดยใช้ความรู้ที่ได้เรียนผ่านมา ส่งผลให้คะแนนข้อกล่าวอ้างของทั้ง 2 กลุ่ม สูงที่สุด ส่วนหลักฐานอาจมีความยากเพิ่มขึ้นมากกว่าการสร้างข้อกล่าวอ้าง เพราะนักเรียนจะต้องแสวงหาข้อมูลเชิงประจักษ์เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้าง ขณะที่การให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ต้องใช้ทั้งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถของนักเรียนในการนำความรู้นั้นมาอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งความสามารถดังกล่าวอาจต้องใช้เวลาในการฝึกฝนและพัฒนา เหตุผลทั้งหมดที่กล่าวมานี้จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยองค์ประกอบการให้เหตุผลของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่ำที่สุด และมีความแตกต่างระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

2. **ความมีเหตุผล**

2.1 **การเปรียบเทียบความมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองระหว่างก่อนและหลังการทดลอง**

ผลการวิจัยสรุปว่า ภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 อาจเป็นเพราะเหตุผล 2 ประการ คือ

ประการแรก กิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลองเป็นการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ทำให้นักเรียนได้สืบสอบความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อฝึกกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล โดยทุกครั้งที่เรียน นักเรียนจะถูก

กระตุ้นให้ฝึกกระบวนคิดและวิเคราะห์ ด้วยคำถามหรือปัญหาเพื่อให้นักเรียนสืบสอบหาคำตอบหรือสาเหตุของปัญหาที่กำหนด ดังนั้น จึงเป็นโอกาสของนักเรียนในการแสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น ซึ่งถือเป็นหนึ่งในพฤติกรรมบ่งชี้ของผู้มีเหตุผล นอกจากนี้ ภาระงานที่กำหนดให้นักเรียนสร้างนั่นคือคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ถือเป็นภาระงานที่เอื้อต่อการฝึกคิดอย่างมีเหตุผล เพราะนักเรียนต้องสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีหลักฐานยืนยันและมีการให้เหตุผลประกอบ ข้อมูลที่นักเรียนจะคัดเลือกมาใช้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จึงต้องมาจากการคิดและตัดสินใจโดยใช้พื้นฐานของเหตุและผล ตรงกับผลการเปรียบเทียบความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองด้วยแบบทดสอบความมีเหตุผลของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ขณะที่คะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ผลการวิจัยดังกล่าวนี้อาจสะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง มีโอกาสฝึกการให้เหตุผล ซึ่งมาจากการฝึกสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงอาจทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความมีเหตุผล อาทิ การแสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย การแสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ เป็นต้น ขณะที่การเรียนการสอนของนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีการฝึกการให้เหตุผล จึงทำให้คุณลักษณะความมีเหตุผลได้รับการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้น้อย ดังนั้น การเรียนด้วยวิธีการสืบสอบและการฝึกการให้เหตุผลตลอดระยะเวลาของการดำเนินการทดลอง จึงอาจส่งผลให้ภายหลังการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนการทดสอบความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนทดลอง

ประการที่สอง กลวิธีการโต้แย้งและกิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนที่ใช้ในรูปแบบการเรียนการสอนนี้เป็นการพัฒนาและส่งเสริมคุณลักษณะความมีเหตุผล เนื่องจากการโต้แย้งเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นในลักษณะที่เห็นด้วยหรือขัดแย้งกับความคิดเห็นของผู้อื่นโดยมีการให้เหตุผลประกอบ จึงเสมือนว่านักเรียนได้รับการปลูกฝังลักษณะนิสัยในการแสดงเหตุผลประกอบการแสดงความคิดเห็นของตนเอง รวมทั้งเห็นคุณค่าในความสำคัญของเหตุผล เนื่องจากเหตุผลเป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการตัดสินใจยอมรับความคิดเห็นต่างๆ สอดคล้องกับทัศนะของ Kuhn and Reiser (2005 อ้างถึงใน Sampson et al., 2009: 45) ที่กล่าวว่า “การกระตุ้นให้นักเรียนได้โต้แย้งนั้นจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแยกแยะความคิดที่จะใช้เกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ที่เข้มงวด รวมถึงการพัฒนาจิตตนิสัยในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์” ขณะที่กิจกรรมการตรวจสอบโดยเพื่อนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีคุณลักษณะความมีเหตุผลได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากนักเรียนจะต้องตรวจสอบและประเมินผลงานของเพื่อนด้วยความคิดเห็น

ของนักเรียนเอง และการที่นักเรียนติดสินใจประเมินเพื่อตัดสินคุณค่าในงานของผู้อื่นย่อมต้องอาศัยเหตุผลเป็นพื้นฐานสำคัญในการตัดสินใจ ลักษณะดังกล่าวจึงสะท้อนพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลประการหนึ่งคือการยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ สอดคล้องกับทัศนะของ Newton et al (1999 อ้างถึงใน Dawson and Venville, 2010: 134) ซึ่งได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้การโต้แย้งในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า “การโต้แย้งจะส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผล คิดอย่างมีวิจารณญาณ เข้าใจและนำเสนอข้อโต้แย้งในเชิงตรรกะและมีความเชื่อมโยงต่อกัน” เช่นเดียวกับ Jimnez-Aleixandre and Erduran (2007: 5) ที่กล่าวว่า “การโต้แย้งส่งเสริมพัฒนาการของการให้เหตุผล โดยเฉพาะการให้เหตุผลกับทฤษฎีหรือจุดยืนที่แตกต่างกัน”

2.2 การเปรียบเทียบความมีเหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Walker et al. (2010: 13-17) ซึ่งพบว่า นักศึกษากลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีความสามารถในการใช้หลักฐานและให้เหตุผลสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีจุดเด่นที่แตกต่างกับการเรียนการสอนสืบสอบด้วยรูปแบบอื่นๆ คือใช้การโต้แย้งเป็นกลวิธีในการตรวจสอบผลสรุปที่ได้ศึกษา ซึ่งพื้นฐานสำคัญของผู้เข้าร่วมการโต้แย้งคือเป็นผู้มีเหตุผล รู้จักเลือกใช้หลักฐานและเหตุผลที่เหมาะสมในการสนับสนุนหรือปฏิเสธความคิดเห็นที่มีผู้นำเสนอ การโต้แย้งนี้เองอาจมีส่วนช่วยปลูกฝังคุณลักษณะความมีเหตุผล โดยรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้กับกลุ่มทดลองมีขั้นตอนที่นักเรียนมีโอกาสได้โต้แย้งถึง 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างข้อโต้แย้ง ขั้นตอนกิจกรรมการโต้แย้ง และขั้นตอนการตรวจสอบโดยเพื่อน ดังนั้นการที่นักเรียนกลุ่มทดลองได้ฝึกการโต้แย้งตลอดระยะเวลาของการดำเนินการทดลอง จึงอาจส่งผลต่อการพัฒนาคุณลักษณะความมีเหตุผลในตัวนักเรียนและมีผลทำให้กลุ่มทดลองมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบเช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ กลวิธีการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนยังเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมคุณลักษณะความมีเหตุผลและสอดคล้องกับแนวคิดโซเชียลคอนสตรักติวิสต์ที่เน้นว่าการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการใช้ภาษาในการสื่อสารเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อนส่งเสริมให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนภายในกลุ่ม ปฏิสัมพันธ์

ระหว่างครูกับนักเรียน และเป็นการให้ความสำคัญกับการใช้ภาษาในการสื่อสาร โดยเฉพาะการใช้ภาษาเพื่ออธิบายเหตุผลในการสนับสนุนหรือปฏิเสธความคิดเห็นของเพื่อน รวมถึงการให้เหตุผลในการประเมินผลงานของเพื่อน ดังนั้น จึงอาจเป็นไปได้ว่าความมีเหตุผลได้ถูกสร้างหรือพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนกลุ่มทดลองจากการมีปฏิสัมพันธ์และการใช้ภาษาด้วยกิจกรรมการโต้แย้งและการตรวจสอบโดยเพื่อน ดังทัศนะของ Gupta (2009: 1047) กล่าวว่า “เมื่อปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและใช้ภาษาเกิดขึ้น นักเรียนจะมีโอกาสแสดงความสามารถในการแก้ปัญหา สะท้อนประสบการณ์และความรู้ของตนเอง กระตุ้นกระบวนการคิด การให้เหตุผลและการอธิบาย”

ผลการทดสอบความมีเหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมดังกล่าวข้างต้น สอดคล้องกับผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลที่พบว่า จากการสังเกตพฤติกรรมทั้งหมด 5 ครั้ง นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมความมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวน 4 ครั้ง โดยมีเพียงการสังเกตครั้งแรกที่ทดสอบแล้วพบว่าไม่แตกต่างกันระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม และจากรายการพฤติกรรมที่ใช้สังเกตทั้งหมด 14 รายการ นักเรียนกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมที่เด่นชัดและแสดงออกมากกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม จำนวน 10 พฤติกรรม เหตุผลอาจเนื่องมาจากพฤติกรรมเหล่านี้เป็นพฤติกรรมที่วัดจากการพูด เขียนหรือแสดงความคิดเห็นโดยใช้เหตุผล นักเรียนกลุ่มทดลองจึงมีโอกาสแสดงออกได้เด่นชัดและมากกว่ากลุ่มควบคุม เพราะนักเรียนกลุ่มทดลองมีการโต้แย้งและเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ทุกครั้งที่เรียน ดังตัวอย่างพฤติกรรมที่ใช้สังเกต อาทิ พฤติกรรมการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ปรากฏเพียง 1-2 ครั้งในกลุ่มควบคุมแต่กลับเป็นพฤติกรรมที่ปรากฏมากในกลุ่มทดลอง ซึ่งทั้งสองกลุ่มเรียนเรื่องเดียวกันและมีคำถามหรือปัญหาที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบเรื่องเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มทดลองได้เข้าร่วมกิจกรรมการโต้แย้ง นักเรียนจึงต้องใช้เหตุผลในการอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นเช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล พบว่าเป็นพฤติกรรมที่ปรากฏเพียง 1-2 ครั้งในกลุ่มควบคุมแต่เป็นพฤติกรรมที่ปรากฏมากกลุ่มทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มทดลองต้องเขียนสรุปผลในลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งโดยธรรมชาติของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นระบุให้ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล ขณะที่การเขียนสรุปผลของนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่ได้จำกัดให้เขียนในลักษณะของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในขณะที่อีก 4 พฤติกรรมที่ใช้สังเกตความมีเหตุผลพบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและควบคุมแสดงออกใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพฤติกรรมเหล่านี้เป็นพฤติกรรมการสืบสอบหรือแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมต่างก็เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการสืบสอบ พฤติกรรมที่สังเกตได้จึงมีลักษณะการแสดงออกทั้งความชัดเจนและจำนวนครั้งที่แสดงออกใกล้เคียงกัน ดังตัวอย่างพฤติกรรมที่ใช้สังเกต อาทิ การปฏิบัติการ

ทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ การบันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. **ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้**

1.1 ครูวิทยาศาสตร์ควรนำรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียน โดยควรศึกษาลักษณะ วิธีการและข้อจำกัดของการโต้แย้งเพิ่มเติม เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 ครูควรนำกลวิธีการโต้แย้งไปใช้ร่วมกับวิธีการหรือรูปแบบการจัดเรียนการสอนที่ใช้อยู่แล้วเพื่อเพิ่มความหลากหลายในการจัดการเรียนการสอนและส่งเสริมความรู้ ความสามารถและคุณลักษณะของนักเรียน โดยเฉพาะความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และคุณลักษะความมีเหตุผล

1.3 ครูควรนำรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น แต่จะต้องคำนึงถึงประเด็นการโต้แย้งที่เหมาะสมกับระดับความรู้ความรู้และความสามารถของนักเรียน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป**

2.1 ระหว่างดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยสังเกตพบพฤติกรรมของนักเรียนหลายพฤติกรรม เช่น ความกล้าแสดงออก การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น การวางแผนเพื่อแบ่งงานกันทำภายในกลุ่ม เป็นต้น ดังนั้นจึงควรศึกษาวิจัยตัวแปรตามอื่นๆ นอกเหนือจากความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และ

ความมีเหตุผล ที่เป็นผลมาจากรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง เช่น มโนทัศน์ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ในด้านอื่น เช่น ความมีใจกว้าง ความเพียรพยายาม เป็นต้น เพื่อให้ผลการวิจัยมีความหลากหลายและครอบคลุมเป้าหมายสูงสุดของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนนี้ของคณะผู้วิจัย นั่นคือการพัฒนานักเรียนให้มีความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 ผู้ที่สนใจควรศึกษาผลของรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งในวิชาอื่นที่แตกต่างจากการวิจัยในครั้งนี้ หรือศึกษาวิจัยผลของรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวในมิติอื่น เช่น การศึกษาลักษณะของการโต้แย้งในเชิงคุณภาพ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). **ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

จรรยา ดาสา. (2552). 15 เทคนิคในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนเชิงรุก. **นิตยสาร สสวท** 38, 163 (พฤศจิกายน-ธันวาคม 2552): 72-76.

โชติ เพชรชื่น. (2526). แบบทดสอบสถานการณ์. **การวัดผลการศึกษา** 2 (กันยายน-ธันวาคม 2526): 7-17.

ทิศนา แขมมณี. (2551). **ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธงชัย ชิวปรีชา. (2537). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 13-15**, หน้า 1-108, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

บุญเชิด ภิญโญอันตพงษ์. (2545). คุณภาพเครื่องมือวัด. ใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาศึกษาศาสตร์, **ประมวลสาระชุดวิชาการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา หน่วยที่ 1-7**, หน้า 65-154, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. (2537). การพัฒนาการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. ใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์, **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5-7**, หน้า 25-67, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). **วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป**. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2537). **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. (2525). **ชุดเสริมประสบการณ์สำหรับครูวิทยาศาสตร์**. (เอกสารอัดสำเนา)

วินัย รังสินันท์. (2550). ทฤษฎีและวิธีการวัดด้านเจตพิสัย ใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาศึกษาศาสตร์, **เอกสารคำสอนชุดวิชาจิตวิทยาและสังคมวิทยาพื้นฐานเพื่อการวัดและประเมินผลการศึกษา หน่วยที่ 8-15**, หน้า 541-568, นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ศศิธร วิทยะสิรินันท์ ทิศนา แขมมณี และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). ทฤษฎีและแนวคิดร่วมสมัยเกี่ยวกับการคิดจากประเทศซีกโลกตะวันตก. ใน ทิศนา แขมมณีและคณะ, **วิทยาการด้านการคิด**, หน้า 26-71, กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม**. พิมพ์ครั้งที่ 6, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2544). **คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. (2551). **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2546). **คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2552). **โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ OECD/PISA**. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ipst.ac.th/pisa/index.html [2553, สิงหาคม 31]

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2553). **ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www3.ipst.ac.th/files/PISA2009_A.pdf [2553, ธันวาคม 11]

สุนีย์ คล้ายนิล และ ปรีชาญ เดชศรี. (2549). **การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้ รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2006**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุมาลี จันทร์ชลอ. (2542). **การวัดและประเมินผล**. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2544). **จิตวิทยาการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2552). **เอกสารประกอบหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ภาษาอังกฤษ

Ansberry, K. R. and Morgan, E. R. (2007). **More Picture-Perfect Science Lessons: Using Children's Book To Guide Inquiry.** VA: NSTA Press.

Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2009). Making Sense of Argumentation and Explanation. **Science Education** 93: 26-55.

Berland, L. K. and Reiser, B. J. (2011).Classroom Communities' Adaptations of the Practice of Scientific Argumentation. **Science Education** 95: 191-216.

Beyer, C. J. and Davis, E. A. (2008). Fostering Second Graders' Scientific Explanations: A Beginning Elementary Teacher's Knowledge, Beliefs, and Practice. **The Journal of the Learning Sciences** 17: 381-414.

Billeh, V. Y. and Zakharides, G. A. (1975). The Development and Application of a Scale for Measuring Scientific Attitudes. **Science Education** 59, 2:155-165.

Blackburn, S. (1994). **The Oxford Dictionary of Philosophy.** Oxford, England: Oxford University Press.

Brandon, A. F. and All, A. C. (2010). Constructivism Theory Analysis and Application to Curricula. **Nursing Education Perspective** 31, 2: 89-92.

Bricker, L. A. and Bell, P. (2008). Conceptualizations of Argumentation from Science Studies and the Learning Sciences and Their Implications for the Practices of Science Education. **Science Education** 92: 473-498.

Bybee, R. W. (2004). Science Inquiry and Scientific Teaching. In Flick, L. B. and Lederman, N. G., **Scientific Inquiry and Nature of Science: Implication for Teaching, Learning, and Teacher Education**, Page 1-14, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bybee, R. W. (2006). **The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Application.** [online]. Available from: http://www.bscs.org/pdf/bscs5eexecsummary.pdf [2011, April 23]

Carey, L. M. (1988). **Measuring and Evaluating School Learning.** Massachusetts: Allyn and Bacon, Inc.

Chiappetta, E. L. and Koballa, T. R. (2010). **Science Instruction in the Middle and Secondary Schools: Developing Fundamental Knowledge and Skills.** 7th edition, USA: Pearson Education, Inc.

Crowl, T. K. et al. (1997). **Educational Psychology: Windows on Teaching.** USA: Brown and Benchmark Publishers.

Dawson, V. M. and Venville, G. (2010). Teaching Strategies for Developing Students' Argumentation Skills About Socioscientific Issues in High School Genetics. **Research in Science Education** 40:133-148.

Doolittle, P. E. (1999). **Constructivism and Online Education.** [online]. Available from: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.121.4072&rep=rep1&type=pdf [2010, May 30]

Driver, R. et al. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. **Science Education** 84: 287-321.

Ebel, R. L. (1986). **Essential of Educational Measurement.** 2nd edition, New Jersey: Prentic-Hall, Inc.

Enderle, P. et al. (2010). **Assessment of Scientific Argumentation in the Classroom: An Observation Protocol.** Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA, March 22, 2010.

Gilbert, J. K. et al. (2000). Explanation with Models in Science Education. In Gilbert, J. K. and Boulter, C. J., **Developing Models in Science Education**, Page 193-208, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Gravetter, F. J. and Wallnau, L. B. (2004). **Statistics for the Behavioral Sciences.** 6th ed, CA: Wadsworth-Thomson Learning.

Grooms, J. et al. (2009). **What Makes A Scientific Argument Persuasive? How Middle and High School Students View Different Types of Arguments.** Paper presented at the Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Garden Grove, CA, April 2009.

Gupta, A. (2009). Vygotskian Perspectives on Using Dramatic Play to Enhance Children's Development and Balance Creativity with Structure in the Early Childhood Classroom. **Early Child Development and Care** 179, 8: 1041-1054.

Haney, R. E. (1969). The Development of Scientific Attitudes. **The Science Teacher** 30: 33-35.

Harris, C. J. et al. (2006). Usable Assessments for Teaching Science Content and Inquiry Standards. In McMahon, M., **Assessment in Science: Practical Experiences and Educational Research**, Page 67-87, Virginia: NSTA Press.

Harvard University. (2009). **Argumentation.** [online]. Available from: http://phylodiversity.net/bb09/index.php?title=Argumentation [2010, May 23]

Howell, D. C. (2004). **Fundamental Statistics for the Behavioral Sciences.** 6th ed, CA: Books/Cole-Thomson Learning.

Jia. Q. (2010). A Brief Study on the Implication of Constructivism Teaching Theory on Classroom Teaching Reform in Basic Education. **International Education Studies** 3, 2: 197-199.

Jimnez-Aleixandre, M. P. and Erduran, S. (2007). **Argumentation in Science Education: perspectives from classroom-based research.** Dordrecht, NL: Springer.

Kolstø, S. D. and Ratcliffe, M. (2007). Social Aspects of Argumentation. in Jimnez-Aleixandre, M. P. and Erduran, S. **Argumentation in Science Education: perspectives from classroom-based research**, P 117-136 Dordrecht, NL: Springer.

Kuhn, D. (1993). Science as Argument: Implications for Teaching and Learning Scientific Thinking. **Science Education** 77: 319-337.

Kuhn, D. and Udell, W. (2003). The Development of Argument Skills. **Child Development** 74, 5: 1245-1260.

Kuhn, L. and Reiser, B. (2004). **Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations.** [online]. Available from: http://p2061.org/documents/Students_Evidence_Based_Scientific_Explanations.pdf [2010, July 8]

Lawson, A. E. (1995). **Science Teaching and Development of Thinking.** California: Wadsworth.

Lind, A. (2008). **Literacy for all: Making difference.** [online]. Available from: http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001597/159785e.pdf [2010, March 2]

Llewellyn, D. (2005). **Inquiry Within: Implementing Inquiry-Based Science Standards.** California: Corwin Press, Inc.

Llewellyn, D. (2005). **Teaching High School Science Through Inquiry: A Case Study Approach.** California: Corwin Press, Inc.

McInerney, D. M. and McInerney, V. (2002). **Educational psychology: constructing learning.** 3rd ed, Australia: Peason Education Australia Pty Limited.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2006). **Supporting Students' Construction of Scientific Explanation through Generic versus Context-Specific Written Scaffolds.** Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, April, 2006.

McNeill, K. L. et al. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. **The Journal of the Learning Sciences** 15, 2 : 153–191.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2008A). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. **Journal of Research in Science Teaching** 45, 1: 55-78.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2008B). **Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning.** [online]. Available from: www.nsta.org/permissions. [2010, August 6]

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2008C). Assessing Middle School Students' Content Knowledge and Reasoning Through Written Scientific Explanations. In National Science Teacher Association, **Assessing Science Learning**, Page 101-116, Virginia: NSTA Press.

McNeill, K. L. (2009). Teacher' Use of Curriculum to Support Student in Writing Scientific Arguments to Explain Phenomena. **Science Education** 93: 233-268.

Means, L. M., and Voss, J. F. (1996). Who Reasons Well? Two Studies of Informal Reasoning among Children of Different grade, Abilities, and Knowledge Levels. **Cognition and Instruction** 14, 2: 139-178.

Niaz, M. et al. (2002). Arguments, Contradictions, Resistances, and Conceptual Change in Students' Understanding of Atomic Structure. **Science Education** 86: 505-525.

Nitko, A. J. and Brookhart, S. M. (2007). **Educational Assessment of Students.** 5th ed., New Jersey: Pearson Merrill Prentice Hall.

Norris, S. P. and Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. **Science Education** 87: 224 -240.

North Central Regional Education Laboratory and Metiri group. (2003). **The enGauge 21st Century Skills for 21st Century Learners.** [online]. Available from: www.ncrel.org/ engauge [2010, July 3]

Okada, A. and Shum, S. B. (2008). Evidence-based Dialogue Maps as a Research Tool to Investigate the Quality of School Pupils' Scientific Argumentation. **International Journal of Research & Method in Education** 31, 3: 291-315.

Organization for Economic Co-operation and Development. (2009). **PISA 2009 Assessment Framework: Key competencies in reading, mathematics and science.** [online]. Available from: http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf [2010, August 31]

Osborne, J. (2005). The Role of Argument in Science Education. In Boersma, K. et al., **Research and the Quality of Science Education**, Page 367-380, Netherland: Springer.

Park Rogers, M. A. (2009). Elementary Preservice Teachers' Experience with Inquiry: Connecting Evidence to Explanation. **Journal of Elementary Science Education** 21, 3 : 47-61.

Peker, D. and Wallace, C. S. (2009). **Characterizing High School Students' Written Explanations in Biology Laboratories.** [online]. Available from: http://www.springerlink.com/content/2g616pu41m000618/. [2010, August 6]

Ruiz-Primo, M. A. et al. (2008). **Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms : A Study That Examines Students' Scientific Explanations.** Research Report Graduate School of Education & Information Sciences University of California, Los Angeles.

Ruiz-Primo, M. A. et al. (2010). Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms : Examining Student' Scientific Explanations and Student Learning. . **Journal of Research in Science Teaching** 47, 5: 583-608.

Sadler, T. D. and Fowler, S. R. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. **Science Education** 90: 986-1004.

Sampson, V. and Clark, D. V. (2008). Assessment of the ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Direction. **Science Education** 92: 447-472.

Sampson, V. and Clark, D. V. (2009A). The Impact of Collaboration on the Outcomes of Scientific Argumentation. **Science Education** 93: 448-484.

Sampson, V. and Clark, D. V. (2009B). **A Comparison of the Collaborative Scientific Argumentation Practices of Two High and Two Low Performing Groups.** [online]. Available from: http://www.springerlink.com/content/c28324w66g588858/[2010, May 16]

Sampson, V. and Gerbino, F. (2010). Two Instructional Models That Teachers Can Use to Promote & Support Scientific Argumentation in the Biology Classroom. **The American Biology Teacher** 72, 7: 427-431.

Sampson, V. et al. (2009). Argument-Driven Inquiry: Way to Promote Learning during Laboratory Activities. **The Science Teacher** November 2009: 42-47.

Sampson, V. et al. (2010). **Learning to Write in Undergraduate Chemistry: The Impact of Argument-Driven Inquiry**. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA, March, 2010.

Sandoval, W. A. et al. (2004). **Effects of explanation support on learning genetics**. [online]. Available from: http://www.gseis.ucla.edu/~sandoval/pdf/sandoval-etal-narst03.pdf [2010, July 11]

Sandoval, W. A. and Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanation. **Cognition and Instruction** 23, 1: 23-55.

Sjøberg, S. (2007). Constructivism and Learning. In Baker, E. et al., **International Encyclopaedia of Education**. Page 1-11, 3rd Edition, Oxford: Elsevier.

Sprod, T. (1998). "I Can Change Your Opinion On That": Social Constructivist Whole Class Discussions and Their Effect on Scientific Reasoning. **Research in Science Education** 28, 4: 463-480.

Stark, R. et al. (2009). Improving Scientific Argumentation Skills by a Problem-Based Learning Environment: Effects of an Elaboration Tool and Relevance of Student Characteristics. **Evaluation and Research in Education** 22, 1: 51-68.

UNESCO. (2000). **Scientific and Technological literacy for all.** [online]. Available from: http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001200/120041Eo.pdf [2010, March 2]

University of California Museum of Paleontology. (2010). **The Logic of Scientific Arguments**. [online]. Available from: http://undsci.berkeley.edu/article/howscienceworks_07 [2010, June 23]

Van Emeren, F. H. (1995). A World of Difference: The Rich State of Argumentation Theory. **Informal Logic** 17, 2: 144-158.

Van Emeren, F. H. and Grootendorst, R. (2004). **A Systematic Theory of Argumentation: The Pragma-Dialectic Approach.** Cambridge, England: Cambridge University Press.

Volkmann, M. J. and Eichinger, D. C. (2010). Habits of Mind: Integrating the Social and Personal Characteristics of Doing Science Into the Science Classroom. **Science education** 93, 3: 141-147. [online]. Available from: http://findarticles.com/p/articles/mi_qa3667/is_199903/ai_n8852406/ [2010, July 31]

Walker, J. P. et al. (2010). **Argument-Driven Inquiry: An Instructional Model for Use in Undergraduate Chemistry Labs**. Paper presented at the 2010 Annual International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, PA, March, 2010.

Willard, C. A. (1989). **A Theory of Argumentation. Studies in Rhetoric and Communication. Tuscaloosa**, Ala: The University of Alabama Press.

Zacharia, Z. C. (2005). The Impact of Interactive Computer Simulations on the Nature and Quality of Postgraduate Science Teachers' Explanations in Physics. **International Journal of Science Education** 27, 14: 1741-1767.

Zembal-Saul, C. (2009). Learning to Teach Elementary School Science as Argument. **Science Education** 93: 687-719.

Zohar, A., and Nemet, F. (2002). Fostering Student' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. **Journal of Research in Science Teaching** 39: 35-62.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

อาจารย์ วิภา เกียรติธนะบำรุง	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
อาจารย์ ศิริลักษณ์ คงมนต์	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบจิตร คำจัตุรัส	สาขาศึกษาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ดร. นพดล กิตนะ	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ วัฒนโชติ เพ็งพริ้ง	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปทุมวัน

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความมีเหตุผล

รองศาสตราจารย์ ดร. ชุติมา วัฒนะคีรี	ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤมล ยุตาคม	สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐภรณ์ หลาวทอง	ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

    1.1 แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

    1.2 แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

    1.3 แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. แบบวัดความมีเหตุผล ประกอบด้วย

    2.1 แบบทดสอบความมีเหตุผล

    2.2 แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

- แบบประเมินฉบับนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนกระบวนการสร้างคำอธิบาย โดยใช้วิธีการสังเกตจากร่องรอยของพฤติกรรมระหว่างการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบด้วยการโต้แย้งขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบรายงานผลการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

- แบบรายงานผลการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการรายงานผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล ซึ่งคะแนนที่ระบุไว้ในแบบรายงานผลนี้มาจากการสังเกตแล้วประเมินนักเรียนตามรายการประเมินที่กำหนดทั้งหมด 7 รายการ

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

- เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นี้เป็นเกณฑ์การประเมินแบบแยกประเด็น (Analytic Rubrics) ซึ่งเป็นลำดับขั้นตอนที่แสดงถึงกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 แล้วจำแนกเป็นรายการเพื่อสังเกตและประเมิน 7 รายการ และกำหนดระดับคะแนนแต่ละรายการประเมินเป็น 3 ระดับ ดังนั้นคะแนนของกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 7-21 คะแนน จากนั้นนำผลคะแนนรวมที่ได้แปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนกระบวนการสร้างคำอธิบาย
- เกณฑ์การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กำหนดดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
18-21	ความสามารถระดับดีมาก
13-17	ความสามารถระดับดี
7-12	ความสามารถระดับควรปรับปรุง

ส่วนที่ 3 ร่องรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตเพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ร่องรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตนี้เป็นร่องรอยพฤติกรรมของนักเรียนที่ได้จากกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 3 เพื่อให้ผู้ประเมินใช้ในการสังเกตแล้วประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามเกณฑ์กำหนด

ส่วนที่ 1 แบบรายงานผลการประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ชื่อ - นามสกุล ผู้ได้รับการประเมิน .....**ชั้น** ..... **เลขที่** ..... **ประเมินครั้งที่** ..... **วันที่** .....

หน่วยการเรียนรู้ที่.... **เรื่อง** ..... **สร้างคำอธิบายเรื่อง** .....

รายการประเมิน	ผลการประเมิน			บันทึกผลการสังเกตเพิ่มเติม
	3	2	1	
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ				
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ				
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ				
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล				
5. การระบุข้อสรุป				
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์				
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล				

รวมคะแนน ..... **คะแนน**

ระดับความสามารถ ❑ **ดีมาก** ❑ **ดี** ❑ **ควรปรับปรุง** **ลงชื่อ** ..... **(ผู้ประเมิน)**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ และแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบได้ครบถ้วน	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ แต่แยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบไม่ครบถ้วน	ไม่มีการทบทวนหรือทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมไม่สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ และไม่มีการแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบหรือแยกแยะไม่ครบถ้วน
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องบางส่วน และไม่เป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	ไม่มีการกำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบหรือกำหนดขั้นตอนไม่ถูกต้อง
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	ออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล และสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	ออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน	ไม่มีการออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบหรือออกแบบได้ไม่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล และสื่อความหมายไม่ชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างครบถ้วน	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ไม่ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไม่ครบถ้วน	ไม่ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ และไม่มีการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบหรือบันทึกไม่ครบถ้วน
5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง และมีความกระชับ	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องบางส่วน และไม่กระชับ	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างบางส่วน แสดงหลักฐานได้ถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งไม่แสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่ถูกต้อง
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ถูกต้อง และครบถ้วน	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ถูกต้องบางส่วน และไม่ครบถ้วน	ไม่มีการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน หรือใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานไม่ถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 3 ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตเพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ตาราง ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตเพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำแนกตามรายการประเมินและขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง	รายการประเมิน	ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต
ขั้นตอนที่ 1 การระบุภาระงาน คือ การสร้างความสนใจการ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่ศึกษา และระบุภาระงานให้กับนักเรียน	1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	■ แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ
ขั้นตอนที่ 2 การสรรสร้างและวิเคราะห์ข้อมูล คือ การทำงานเป็นกลุ่มเพื่อเก็บรวบรวม จัดกระทำ วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ทดลองหรือสำรวจตรวจสอบ	2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	■ แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ
	3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	■ เอกสารผลการศึกษาที่ใช้ระหว่างการเรียนการสอนในหัวข้อผลการทำกิจกรรม
	4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	■ เอกสารผลการศึกษาที่ใช้ระหว่างการเรียนการสอนในหัวข้อผลการทำกิจกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 3 ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตเพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ตาราง ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตเพื่อประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จำแนกตามรายการประเมินและขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการสอนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง	รายการประเมิน	ร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต
ขั้นตอนที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว คือ การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	■ ข้อโต้แย้งชั่วคราวที่เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตหรือกระดานในส่วนของข้อกล่าวอ้าง
	6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	■ ข้อโต้แย้งชั่วคราวที่เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตหรือกระดานในส่วนของหลักฐาน
	7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	■ ข้อโต้แย้งชั่วคราวที่เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตหรือกระดานในส่วนของการให้เหตุผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ชีววิทยา) **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบสอบนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้สาระชีววิทยา 4 เรื่อง ดังนี้
   (1) ระบบย่อยอาหารและการสลายสารอาหารให้ได้พลังงาน
   (2) ระบบหายใจกับการรักษาดุลยภาพของร่างกาย
   (3) ระบบขับถ่ายกับการรักษาดุลยภาพของร่างกาย
   (4) ระบบไหลเวียนเลือดกับการรักษาดุลยภาพของร่างกาย
2. แบบสอบนี้เป็นแบบสอบแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยข้อสอบทั้งหมด 4 ข้อ กำหนดเวลาในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง
3. ให้นักเรียนใช้ปากกาสีน้ำเงินเขียนตอบลงในช่องว่างที่กำหนดเท่านั้น
4. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล เลขที่และชั้น ให้ชัดเจนครบทุกหน้า และกรุณาตรวจสอบให้ถูกต้องก่อนส่งแบบสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อ-สกุล ..... **เลขที่**..... **ชั้น** .....

ข้อ 1

ตาราง บริเวณที่เกิดการย่อยและสารที่ใช้ในการย่อยสารอาหารประเภทต่างๆ

สารอาหาร	บริเวณที่เกิดการย่อย			สารที่ใช้ในการย่อย		
	ปาก	กระเพาะอาหาร	ลำไส้เล็ก	เอนไซม์	กรดไฮโดรคลอริก	น้ำดี
โปรตีน		✓	✓	✓	✓	
คาร์โบไฮเดรต	✓		✓	✓		
ไขมัน			✓	✓		✓

ขอให้นักเรียนพิจารณาข้อมูลจากตาราง ถ้าหากตับเกิดความผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้ จะส่งผลต่อการย่อยสารอาหารประเภทใด เพราะเหตุใด

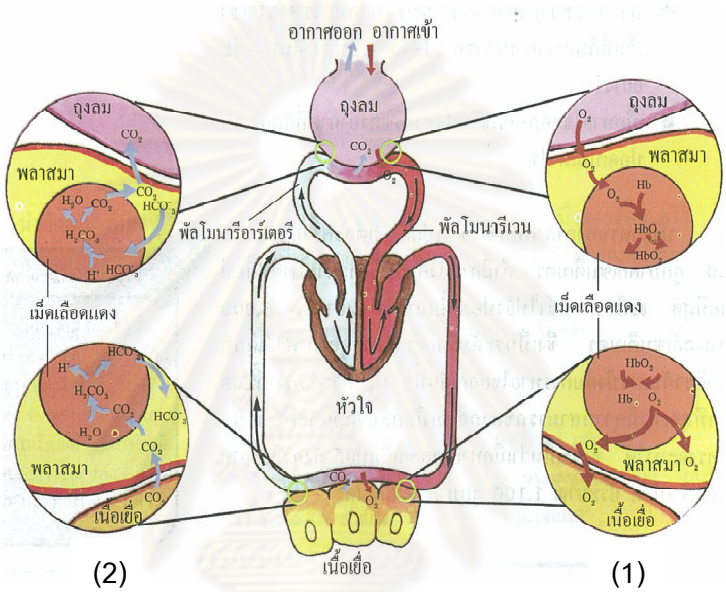
หากตับทำงานผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้จะส่งผลต่อการย่อยไขมัน (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะการย่อยไขมันต้องอาศัยทั้งน้ำดีและเอนไซม์ (หลักฐาน) เนื่องจากน้ำดีช่วยทำให้ไขมันแตกตัวและป้องกันไม่ให้หยดไขมันขนาดเล็กกลับมารวมกันใหม่ได้ โดยหยดไขมันดังกล่าวจะสามารถแทรกตัวรวมกับน้ำในรูปอิมัลชัน จากนั้น เอนไซม์ลิเพสจึงจะสามารถย่อยหยดไขมันในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล (การให้เหตุผล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อ-สกุล ..... **เลขที่**..... **ชั้น** .....

ข้อ 2

แผนภาพ กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยแสดง 2 กระบวนการ คือ (1) กระบวนการที่แก๊สออกซิเจนจากถุงลมจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงแล้วลำเลียงไปสู่เนื้อเยื่อ และ (2) กระบวนการลำเลียงแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อไปสู่ถุงลม



จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่าแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าแก๊สออกซิเจน ถ้าหากร่างกายได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในปริมาณมากจะส่งผลต่อเนื้อเยื่ออย่างไร เพราะเหตุใด

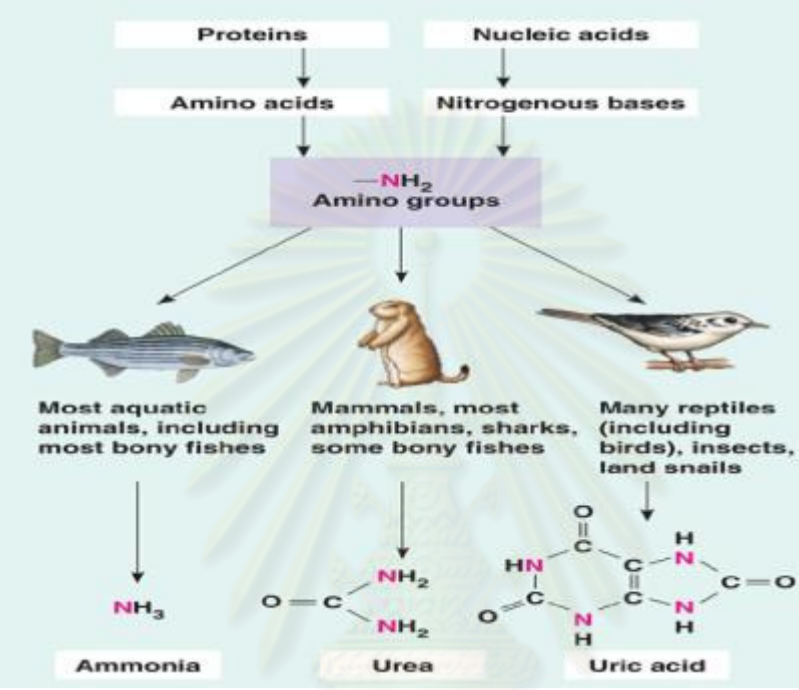
หากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะทำให้เนื้อเยื่อได้รับแก๊สออกซิเจนน้อยลง (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะออกซิเจนจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้น้อยลง (หลักฐาน) เนื่องจากฮีโมโกลบินเป็นตัวจับออกซิเจนที่แพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบถุงลม กลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน ซึ่งจะถูกลำเลียงเข้าสู่หัวใจแล้วสูบฉีดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจน (การให้เหตุผล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อ-สกุล ..... **เลขที่**..... **ชั้น** .....

ข้อ 3

แผนภาพ การกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน 3 ลักษณะ ได้แก่ แอมโมเนีย (Ammonia) ยูเรีย (Urea) และกรดยูริก (Uric acid) ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง



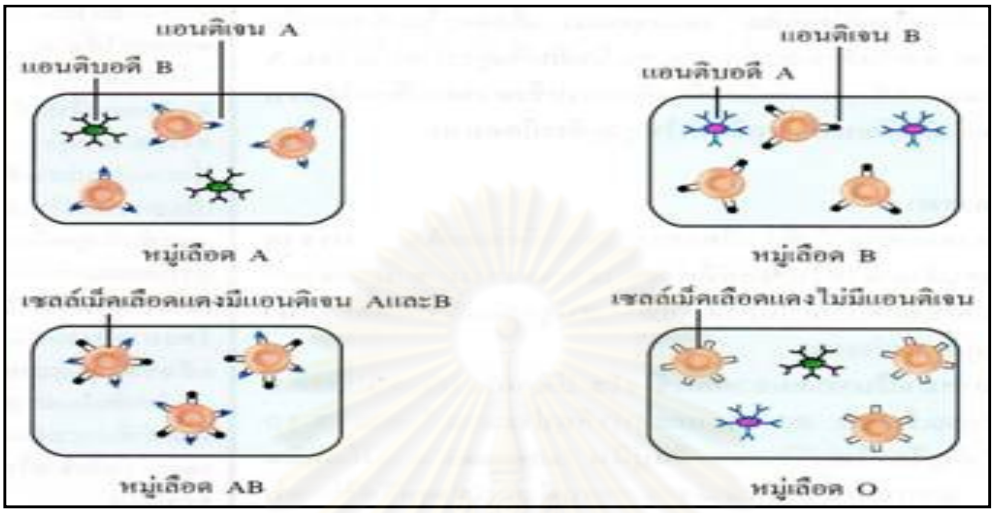
จากแผนภาพ นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในลักษณะที่แตกต่างกัน เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

สาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในลักษณะที่แตกต่างกันคือสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะปลาอาศัยอยู่ในน้ำ มีการกำจัดของเสียเป็นแอมโมเนีย ส่วนนกอาศัยอยู่บนบก มีการกำจัดของเสียเป็นกรดยูริก (หลักฐาน) เนื่องจากสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ แต่สัตว์ที่อาศัยอยู่บนบกต้องลดการสูญเสียน้ำในร่างกายให้มากที่สุด จึงไม่สามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ ประกอบกับแอมโมเนียมีความเป็นพิษมาก ต้องกำจัดออกทันทีไปพร้อมกับน้ำในปริมาณมาก แต่กรดยูริกมีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงใช้น้ำกำจัดในปริมาณที่น้อยกว่า (การให้เหตุผล)

ชื่อ-สกุล ..... **เลขที่**..... **ชั้น** .....

ข้อ 4

แผนภาพ การจัดจำแนกหมู่เลือดตามระบบ ABO



ถ้ากำหนดให้ สมศักดิ์และสมปอง มีหมู่เลือด A

สมบัติและสมประสงค์ มีหมู่เลือด B

สมพร มีหมู่เลือด AB

สมหญิง มีหมู่เลือด O

หากสมศักดิ์ได้รับอุบัติเหตุจนทำให้ร่างกายสูญเสียเลือดมาก สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากใครได้บ้าง เพราะเหตุใด

สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากสมปองและสมหญิงได้ (ข้อกล่าวอ้าง) เพราะสมปองมีเลือดหมู่เดียวกับสมศักดิ์คือหมู่เลือด A ส่วนสมหญิงซึ่งมีหมู่เลือด O สามารถให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือดได้ทุกหมู่ (หลักฐาน) เนื่องจากการให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือผู้ให้จะต้องไม่มีแอนติเจนในเซลล์เม็ดเลือดตรงกับแอนติบอดีในพลาสมาของผู้รับ เพราะหากตรงกัน แอนติเจนจะจับกับแอนติบอดีทำให้เลือดตกตะกอนเป็นอันตรายกับผู้รับเลือดได้ (การให้เหตุผล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

- แบบประเมินฉบับนี้ใช้ในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในส่วนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งได้จากการทดสอบด้วยแบบสอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

  ส่วนที่ 1 แบบรายงานผลการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

  - แบบรายงานผลการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการรายงานผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคล ซึ่งคะแนนที่ระบุไว้ในแบบรายงานผลนี้มาจากการตรวจให้คะแนนข้อสอบจำนวน 4 ข้อจากแบบสอบวัดคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามรายการประเมินที่กำหนด คือ ข้อสรุป หลักฐานและการให้เหตุผล

  ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

  - เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

    - เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไป (Generic Rubrics) ใช้เป็นแนวการประเมินในเบื้องต้น ประกอบด้วยรายการประเมิน 3 รายการ ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และกำหนดระดับคะแนนการประเมิน 3 ระดับ

    - เกณฑ์การประเมินแบบเฉพาะ (Specific Rubrics) ใช้สำหรับการประเมินเพื่อตรวจให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้จากแบบสอบเป็นรายข้อ โดยกำหนดระดับคะแนนแต่ละรายการประเมินในแต่ละข้อเป็น 3 ระดับ แต่ละข้อมีคะแนนของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ระหว่าง 3 – 9 คะแนน รวม 4 ข้อ มีคะแนนอยู่ระหว่าง 12 – 36 คะแนน จากนั้นนำผลคะแนนรวมที่ได้แปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

- เกณฑ์การแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในส่วนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ กำหนดดังนี้

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
29-36	ความสามารถระดับดีมาก
21-28	ความสามารถระดับดี
12-20	ความสามารถระดับควรปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 1 แบบรายงานผลการประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ชื่อ – สกุล ผู้ได้รับการประเมิน ..... **ชั้น** ..... **เลขที่** .....

ข้อที่	คำอธิบายเรื่อง	รายการประเมิน			รวมคะแนน
		ข้อกล่าวอ้าง	หลักฐาน	การให้เหตุผล	
1	การย่อยไขมัน				
2	กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สของคน				
3	การกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์				
4	การให้และรับเลือด				

รวมคะแนน ..... **คะแนน**

ระดับความสามารถ ❑ **ดีมาก** ❑ **ดี** ❑ **ควรปรับปรุง**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ถูกต้อง กระชับและชัดเจน	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่กระชับและไม่ชัดเจน	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ไม่ถูกต้อง
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	เขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง และครบถ้วน	เขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ไม่เขียนหรือเขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องไม่ครบถ้วน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบเฉพาะ ข้อที่ 1 คำอธิบายเรื่องการย่อยไขมัน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า หากตับทำงานผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้จะส่งผลต่อการย่อยไขมัน	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่กระชับ เช่น หากตับทำงานผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้จะส่งผลต่อการย่อยไขมันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล ซึ่งเกิดขึ้นในลำไส้เล็ก	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เช่น หากตับทำงานผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้จะส่งผลต่อการย่อยโปรตีนหรือส่งผลต่อการย่อยคาร์โบไฮเดรต
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานถูกต้องและครบถ้วนว่าการย่อยไขมันต้องอาศัยทั้งน้ำดีและเอนไซม์	ระบุหลักฐานถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน เช่น การย่อยไขมันอาศัยน้ำดี หรือการย่อยไขมันอาศัยเอนไซม์	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น การย่อยไขมันอาศัยกรดไฮโดรคลอริก
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	กล่าวถึงกระบวนการย่อยไขมันได้ถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้ (1) น้ำดีช่วยป้องกันไม่ให้หยดไขมันขนาดเล็กกลับมารวมกันได้ใหม่ ซึ่งหยดไขมันดังกล่าวสามารถแทรกตัวรวมกับน้ำในรูปอิมัลชัน (2) เอนไซม์ลิเพสย่อยหยดไขมันในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล	กล่าวถึงกระบวนการย่อยไขมันได้ถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น ดังนี้ (1) น้ำดีช่วยป้องกันไม่ให้หยดไขมันขนาดเล็กกลับมารวมกันได้ใหม่ ซึ่งหยดไขมันดังกล่าวสามารถแทรกตัวรวมกับน้ำในรูปอิมัลชัน (2) เอนไซม์ลิเพสย่อยหยดไขมันในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล	ไม่มีการให้เหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง เช่น น้ำดีช่วยย่อยไขมันให้เป็นหยดไขมันขนาดเล็ก ส่วนเอนไซม์ช่วยทำให้หยดไขมันขนาดใหญ่แตกตัวกลายเป็นหยดไขมันขนาดเล็ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบเฉพาะ ข้อที่ 2 คำอธิบายเรื่องกระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊ส

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า หากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะทำให้เนื้อเยื่อได้รับแก๊สออกซิเจนน้อยลง	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่กระชับ เช่น หากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะทำให้เลือดจับกับออกซิเจนได้น้อยลงส่งผลให้เนื้อเยื่อได้รับแก๊สออกซิเจนน้อยลง	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เช่น หากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะทำให้เนื้อเยื่อได้รับแก๊สออกซิเจนมากขึ้น หรือหากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะไม่มีผลต่อการได้รับออกซิเจนของเนื้อเยื่อ
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานถูกต้องและครบถ้วนว่าออกซิเจนจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้น้อยลง	ระบุหลักฐานถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน เช่น ออกซิเจนจับกับฮีโมโกลบินได้น้อยลง	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น ออกซิเจนละลายในพลาสมาได้ลดลง
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	กล่าวถึงกระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนได้ถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้ (1) ฮีโมโกลบินเป็นตัวจับออกซิเจนที่แพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบถุงลมกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (2) ออกซีฮีโมโกลบิน ถูกลำเลียงเข้าสู่หัวใจแล้วสูบฉีดไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจน	กล่าวถึงกระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊สออกซิเจนได้ถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น (1) ฮีโมโกลบินเป็นตัวจับออกซิเจนที่แพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบถุงลมกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (2) ออกซีฮีโมโกลบิน ถูกลำเลียงเข้าสู่หัวใจแล้วสูบฉีดไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจน	ไม่มีการให้เหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง เช่น ออกซิเจนที่แพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบถุงลมจะละลายในพลาสมาแล้วลำเลียงไปสู่เนื้อเยื่อ

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบเฉพาะ ข้อที่ 3 คำอธิบายเรื่องการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า สาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่แตกต่างกันคือสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่กระชับ เช่น สาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่แตกต่างกันคือสภาพแวดล้อมที่อาศัยและดำรงชีวิตอยู่ตามธรรมชาติ	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เช่น สาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่แตกต่างกันคือลักษณะการกำจัดของเสียหรือชนิดของสัตว์
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้ (1) ปลาอาศัยอยู่ในน้ำ มีการกำจัดของเสียในรูปแอมโมเนีย (2) นกอาศัยอยู่บนบก มีการกำจัดของเสียในรูปกรดยูริก	ระบุหลักฐานถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น ดังนี้ (1) ปลาอาศัยอยู่ในน้ำ มีการกำจัดของเสียในรูปแอมโมเนีย (2) นกอาศัยอยู่บนบก มีการกำจัดของเสียในรูปกรดยูริก	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น ปลามีการกำจัดของเสียในรูปยูเรีย ส่วนนกมีการกำจัดของเสียในรูปแอมโมเนีย
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	กล่าวถึงการที่สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำและบนบกมีการกำจัดของเสียต่างกันได้ถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้	กล่าวถึงการที่สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำและบนบกมีการกำจัดของเสียต่างกันได้ถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น ดังนี้	ไม่มีการให้เหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง เช่น สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถกำจัดของเสียในรูปใดก็ได้เพราะมีน้ำเพียงพอต่อการรักษาสมดุลในร่างกาย หรือสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบกกำจัดของเสียไปพร้อมกับน้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบเฉพาะ ข้อที่ 3 คำอธิบายเรื่องการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
3. **การให้เหตุผล (ต่อ)**	(1) สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ ส่วนสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบกต้องลดการสูญเสียน้ำในร่างกายให้มากที่สุด จึงไม่สามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ (2) แอมโมเนียมีความเป็นพิษมาก ต้องกำจัดออกทันทีไปพร้อมกับน้ำในปริมาณมาก แต่กรดยูริกมีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงใช้น้ำกำจัดในปริมาณที่น้อยกว่า	(1) สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ ส่วนสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบกต้องลดการสูญเสียน้ำในร่างกายให้มากที่สุด จึงไม่สามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ (2) แอมโมเนียมีความเป็นพิษมาก ต้องกำจัดออกทันทีไปพร้อมกับน้ำในปริมาณมาก แต่กรดยูริกมีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงใช้น้ำกำจัดในปริมาณที่น้อยกว่า	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

▶ เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบเฉพาะ ข้อที่ 4 คำอธิบายเรื่องการให้และรับเลือด

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. **ข้อกล่าวอ้าง** คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจนว่า สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากสมปองและสมหญิงได้	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องแต่ไม่กระชับ เช่น สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากสมปอง นอกจากนี้ยังสามารถรับเลือดจากสมหญิงซึ่งมีเลือดต่างหมู่กันได้	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือระบุข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง เช่น สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากสมบัติ สมประสงค์หรือสมปอง
2. **หลักฐาน** คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้ (1) สมปองมีเลือดหมู่เดียวกับสมศักดิ์คือหมู่เลือด A (2) สมหญิงซึ่งมีหมู่เลือด O สามารถให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือดได้ทุกหมู่	ระบุหลักฐานถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น ดังนี้ (1) สมปองมีเลือดหมู่เดียวกับสมศักดิ์คือหมู่เลือด A (2) สมหญิงซึ่งมีหมู่เลือด O สามารถให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือดได้ทุกหมู่	ไม่ระบุหรือระบุหลักฐานไม่ถูกต้อง เช่น สมพรมีเลือดหมู่ AB จึงสามารถให้เลือดกับสมศักดิ์ซึ่งมีเลือดหมู่ A ได้
3. **การให้เหตุผล** คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	กล่าวถึงหลักการให้และรับเลือดที่ปลอดภัยได้ถูกต้องและครบทั้ง 2 ประเด็น ดังนี้ (1) การให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือผู้ให้จะต้องไม่มีแอนติเจนในเซลล์เม็ดเลือดตรงกับแอนติบอดีในพลาสมาของผู้รับ (2) หากตรงกัน แอนติเจนจะจับกับแอนติบอดีทำให้เลือดตกตะกอนเป็นอันตรายกับผู้รับเลือดได้	กล่าวถึงหลักการให้และรับเลือดที่ปลอดภัยได้ถูกต้อง 1 จาก 2 ประเด็น ดังนี้ (1) การให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือผู้ให้จะต้องไม่มีแอนติเจนในเซลล์เม็ดเลือดตรงกับแอนติบอดีในพลาสมาของผู้รับ (2) หากตรงกัน แอนติเจนจะจับกับแอนติบอดีทำให้เลือดตกตะกอนเป็นอันตรายกับผู้รับเลือดได้	ไม่มีการให้เหตุผลหรือให้เหตุผลไม่ถูกต้อง เช่น การให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือผู้ให้จะต้องมีแอนติเจนในเซลล์เม็ดเลือดตรงกับแอนติบอดีในพลาสมาของผู้รับ

แบบทดสอบความมีเหตุผล

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความมีเหตุผลนี้เป็นแบบทดสอบด้วยสถานการณ์ สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วยสถานการณ์และข้อคำถาม โดยหนึ่งสถานการณ์ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ ทั้งหมดมี 7 สถานการณ์ รวมข้อคำถามทั้งหมด 21 ข้อ
2. ข้อคำถามทุกข้อเป็นการถามเกี่ยวกับความรู้สึก ความคิดเห็นและการกระทำของนักเรียน ซึ่งไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิดและไม่มีผลต่อคะแนนของนักเรียน ดังนั้นขอให้นักเรียนตอบคำถามด้วยความเป็นจริงและทำให้ครบทุกข้อ โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบทั้งหมด 30 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-สกุล ชั้นและเลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน
4. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ คำถาม แล้วเลือกคำตอบที่กำหนดให้ จากนั้น ทำเครื่องหมาย (×) ลงในกระดาษคำตอบเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น หากว่าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ทำเครื่องหมาย (=) แล้วทำเครื่องหมาย (×) ลงในช่องให้ตรงกับคำตอบที่เลือก
5. ตัวอย่างการตอบข้อสอบ

สถานการณ์ที่ 0

สมศักดิ์สังเกตเห็นบ่อน้ำทิ้งข้างบ้านของเขามีผักตบชวาขึ้นอยู่หนาแน่น ส่วนบ่อน้ำทิ้งของบ้านสมศรีไม่มีผักตบชวา และสมศักดิ์ยังพบอีกว่า บ่อน้ำที่บ้านสมศรีส่งกลิ่นเหม็น ส่วนบ่อน้ำที่บ้านเขาค่อนข้างใสและมีกลิ่นน้อยกว่าทั้งที่เป็นบ่อขนาดเท่ากัน สมศักดิ์จึงแนะนำสมศรีให้เอาผักตบชวาไปปล่อยไว้เพื่อแก้ปัญหาน้ำเน่า

1. นักเรียนเห็นด้วยกับวิธีแก้ปัญหาที่สมศักดิ์แนะนำหรือไม่
   - ก เห็นด้วย
   - ข ไม่เห็นด้วย
   - ค ยังตัดสินใจไม่ได้
2. ถ้านักเรียนเป็นสมศรี นักเรียนจะทำตามคำแนะนำของสมศักดิ์หรือไม่
   - ก ทำ
   - ข ไม่ทำ
   - ค ไม่แน่ใจ
3. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นที่บ้านของนักเรียน นักเรียนจะแก้ปัญหานี้อย่างไร
   - ก ไม่ทำอะไรเกี่ยวกับเรื่องนี้ เพราะน้ำในบ่อน้ำทิ้งต้องเน่าเป็นธรรมดา
   - ข ให้เจ้าหน้าที่ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับปัญหานี้จัดการ
   - ค ตรวจดูสภาพหรือสาเหตุที่ทำให้น้ำเน่า แล้วแก้ปัญหาตามสาเหตุที่คิดว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

กระดาษคำตอบ

ข้อ	ก	ข	ค
0	×		
00		=	×
000			×

<u>สถานการณ์ที่ 1</u> เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล

ครั้งหนึ่งสมฤทัยไปเที่ยวค้างแรมกับเพื่อน ในตอนกลางคืนสมฤทัยเห็นดาวตก จึงบอกสมพิศและสมบัติว่า “รีบอธิษฐานเร็วเข้าสิ จะได้สมหวัง”

สมพิศจึงพูดว่า “จริงด้วย เพราะในช่วงที่ดาวตก จะมีพลังวิเศษที่ทำให้สมหวังได้” ขณะที่สมบัติพูดว่า “ความสมหวังจะเกิดขึ้นได้ ก็ด้วยความมุ่งมั่นและตั้งใจของเรามากกว่า”

1. นักเรียนเห็นด้วยกับสมบัติหรือไม่
   - ก เห็นด้วย (1)
   - ข ไม่เห็นด้วย (-1)
   - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
2. ถ้านักเรียนเป็นสมพิศ นักเรียนจะทำเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
   - ก ทำ (-1)
   - ข ไม่ทำ (1)
   - ค ไม่แน่ใจ (0)
3. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
   - ก อยู่เฉยๆ เพราะไม่แน่ใจว่าการอธิษฐานขณะที่ดาวตกจะช่วยให้สมหวังได้จริงหรือไม่ (0)
   - ข อธิษฐานทันที เพราะการกระทำบางอย่างไม่ต้องใช้เหตุผลมากนัก (-1)
   - ค ไม่อธิษฐาน เพราะเชื่อว่าความสมหวังจะเกิดขึ้นจากความมุ่งมั่นและตั้งใจ (1)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 2</u> เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

วันหนึ่งสมปองสังเกตเห็นรุ้งหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออก เขาจึงถามสมพรว่า “ทำไมหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออกจึงเกิดรุ้ง” สมพรตอบว่า “มันไม่ใช่เรื่องแปลกอะไรที่หลังจากฝนตกแล้วแดดออกจะเกิดรุ้ง”

แล้วก็สมปองพูดว่า “มันน่าจะมีคำอธิบายที่มีเหตุผลนะ ฉันอยากรู้จริง” สมพรจึงพูดว่า “ฉันก็เห็นว่าทุกครั้งหลังจากฝนตกแล้วมีแดดออกจะเกิดรุ้งแบบนี้ แล้วเธอจะอยากรู้ไปทำไม เลิกสงสัยเถอะ”

4. นักเรียนเห็นด้วยกับสมพรหรือไม่
   - ก เห็นด้วย (-1)
   - ข ไม่เห็นด้วย (1)
   - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
5. ถ้านักเรียนเป็นสมพร นักเรียนจะแนะนำสมปองเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
   - ก แนะนำ (-1)
   - ข ไม่แนะนำ (1)
   - ค ไม่แน่ใจ (0)
6. ถ้านักเรียนเป็นสมปอง เมื่อสมพรแนะนำเช่นนี้ นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
   - ก แสวงหาคำตอบด้วยการศึกษาค้นคว้า เพราะคิดว่าปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุที่สามารถอธิบายได้ (1)
   - ข เชื่อว่าเป็นเรื่องของธรรมชาติตามที่สมพรบอก และไม่สงสัยอีกต่อไป (-1)
   - ค คิดว่าเรื่องนี้น่าจะมีคำอธิบายได้ แต่ไม่จำเป็นต้องทราบในขณะนี้ (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 3</u> ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ

มีการรายงานข่าวว่า หมู่บ้านแห่งหนึ่งตั้งอยู่ริมแม่น้ำ ชาวบ้านใช้แม่น้ำสายนี้ในการดำรงชีวิต ต่อมามีโรงงานอุตสาหกรรมมาตั้งอยู่ริมแม่น้ำสายนี้ ปล่อยควันพิษขึ้นสู่อากาศ และปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ อีก 2 ปีต่อมา เกิดฝนแล้งอย่างหนัก แม่น้ำแห้งขอด ชาวบ้านจึงลงความเห็นว่าเป็นเพราะโรงงานอุตสาหกรรมปล่อยควันพิษขึ้นสู่อากาศ และปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำ จึงทำให้ฝนแล้ง

7. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ที่ว่าโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดฝนแล้ง
   - ก เห็นด้วย (-1)
   - ข ไม่เห็นด้วย (1)
   - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
8. ถ้านักเรียนเป็นชาวบ้านซึ่งได้รับความเดือดร้อน นักเรียนจะลงความเห็นเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
   - ก ลงความเห็นเช่นนี้ (-1)
   - ข ไม่ลงความเห็นเช่นนี้ (1)
   - ค ไม่แน่ใจ (0)
9. เมื่อนักเรียนอ่านข่าวนี้ นักเรียนคิดเห็นอย่างไร
   - ก บอกได้ทันทีว่าความคิดเห็นของชาวบ้านผิด เพราะควันพิษและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดฝนแล้ง (-1)
   - ข ไม่สรุปข่าวทันที จนกว่าจะได้รับการยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญที่ได้วิเคราะห์สาเหตุแล้ว (1)
   - ค น่าจะเป็นจริงตามข่าว แต่ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ ฝนแล้งไม่น่าจะเกิดจากควันพิษและน้ำเสีย (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 4</u> แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

ในการทดลองปลูกต้นถั่วเขียว ปรากฏว่าต้นถั่วเขียวที่สมยศปลูกนั้นแคระแกร็น ไม่เจริญเติบโตเหมือนของสมหมาย ซึ่งสมยศพบว่าการทดลองของเขาต่างกับสมหมาย คือ สมยศใช้ดินทรายและวางกระถางไว้ที่ระเบียงของห้อง ส่วนสมหมายใช้ดินร่วนและวางกระถางไว้บนโต๊ะภายในห้อง สมยศคิดว่านี่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ถั่วเขียวแคระแกร็น เขาจึงทำการทดลองใหม่ ดังนี้

กระถางที่ 1 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 2 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้ที่ระเบียงของห้อง

กระถางที่ 3 ใช้ดินทรายปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง

กระถางที่ 4 ใช้ดินร่วนปลูก และวางไว้บนโต๊ะภายในห้อง

แต่สมหมายเห็นว่าการกระทำของสมยศสิ้นเปลืองเวลาและอุปกรณ์ เพราะสาเหตุที่แท้จริงน่าจะมาจากดินที่ใช้ในการปลูกไม่เหมาะสม จึงควรเปลี่ยนเฉพาะดินที่ใช้ปลูกก็เพียงพอแล้ว

10. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของสมยศหรือไม่
    - ก เห็นด้วย (1)
    - ข ไม่เห็นด้วย (-1)
    - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
11. ถ้านักเรียนเป็นสมยศ นักเรียนจะทำตามความคิดเห็นของสมหมายหรือไม่
    - ก ทำ (-1)
    - ข ไม่ทำ (1)
    - ค ไม่แน่ใจ (0)
12. ถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นกับนักเรียน นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
    - ก พิจารณาสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองผิดพลาด และกระทำเช่นเดียวกับสมยศ (1)
    - ข ใช้วิธีการทดลองเช่นเดียวกับเพื่อนที่ทำแล้วได้ผล เช่นวิธีการของสมหมาย (-1)
    - ค ปรึกษากับครู เพื่อขอคำแนะนำ (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 5</u> แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย

ในการทดลองผสมสารเคมี 2 ชนิด ครูบอกนักเรียนในชั้นเรียนว่าเมื่อผสมสารเคมี 2 ชนิดนี้แล้วจะได้สารที่มีสีเหลือง จากนั้นให้นักเรียนทดลองผสมสารเคมีดังกล่าว

แต่สมจิตรพบว่าเมื่อผสมสารเคมี 2 ชนิดนี้แล้วไม่ได้สารที่มีสีเหลืองตามที่ครูบอก สมจิตรจึงทำการทดลองซ้ำหลายครั้งก็พบว่าสารที่ได้ไม่มีสีเหลือง สมจิตรจึงรายงานครูว่า สารเคมี 2 ชนิดดังกล่าวนี้เมื่อผสมกันอาจจะไม่ได้สารที่สีเหลือง พร้อมกับแสดงสารที่ผสมได้ให้ครูดู

13. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของสมจิตรหรือไม่
    - ก เห็นด้วย (1)
    - ข ไม่เห็นด้วย (-1)
    - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
14. ถ้าผลการทดลองที่ได้ไม่ตรงกับสิ่งที่ครูบอก นักเรียนจะทำอย่างสมจิตรหรือไม่
    - ก ทำ (1)
    - ข ไม่ทำ (-1)
    - ค ไม่แน่ใจ (0)
15. เมื่อนักเรียนต้องการอธิบายผลการทดลอง นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
    - ก อธิบายตามสิ่งที่ครูบอก เพราะครูเป็นผู้ที่มีประสบการณ์มาก (-1)
    - ข ทำอย่างสมจิตร คือทดลองเพื่อแสวงข้อมูลเชิงประจักษ์ในการอธิบายผลการทดลอง (1)
    - ค ถามเพื่อนๆ เพื่อฟังความคิดเห็นของคนส่วนใหญ่ในห้อง (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 6</u> แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ

สมพลพูดกับสมฤดีว่า “วันนี้ฝนจะต้องตกหนักแน่ๆ เพราะเมื่อคืนฉันได้ยินเสียงกบร้องระงมเลย”

สมฤดีจึงพูดว่า “ไม่ใช่เพราะว่าเสียงกบร้องหรอก แต่เป็นเพราะวันนี้อากาศตอนกลางวันร้อนมากเป็นพิเศษ”

16. นักเรียนเห็นด้วยกับคำพูดของสมฤดีหรือไม่
    - ก เห็นด้วย (-1)
    - ข ไม่เห็นด้วย (1)
    - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
17. ถ้านักเรียนได้ยินเสียงกบร้องเหมือนอย่างสมพล นักเรียนจะพูดอย่างสมพลหรือไม่
    - ก พูด (-1)
    - ข ไม่พูด (1)
    - ค ไม่แน่ใจ (0)
18. ถ้านักเรียนอยู่ในเหตุการณ์นี้ด้วย นักเรียนจะพูดกับเพื่อนทั้งสองคนว่าอย่างไร
    - ก ฝนอาจจะตกก็ได้นะ เพราะรายงานสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาคาดว่าฝนอาจจะตก (1)
    - ข ฝนต้องตกแน่นอน เพราะกบและคนมีประสาทสัมผัสที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม (-1)
    - ค การที่กบร้องไม่ได้เกี่ยวอะไรกับฝนเลย เป็นเพียงเรื่องในนิทาน ส่วนการที่รู้สึกร้องอาจเป็นเพราะพื้นที่นี้มีต้นไม้ค่อนข้างน้อย (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สถานการณ์ที่ 7</u> ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้

สมชาติพูดกับสมถวิลว่า “แม่เคยบอกฉันว่าผีเสื้อรับรู้รสของดอกไม้และใบไม้ด้วยขาหลังของมัน”

แล้วสมถวิลก็พูดว่า “แต่ฉันเคยอ่านข้อมูลพบจากอินเตอร์เน็ตนะว่าผีเสื้อใช้ขาหน้ารับรู้รสของดอกไม้และใบไม้ต่างหาก”

สมชาติจึงพูดว่า “ฉันว่า เราไปสอบถามอาจารย์ประสิทธิ์กันดีกว่า เพราะท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านแมลงและศึกษาเกี่ยวกับผีเสื้อโดยเฉพาะ”

19. นักเรียนเห็นด้วยกับการกระทำของสมชาติหรือไม่
    - ก เห็นด้วย (1)
    - ข ไม่เห็นด้วย (-1)
    - ค ยังตัดสินใจไม่ได้ (0)
20. ถ้านักเรียนเป็นสมชาติ นักเรียนจะแนะนำสมถวิลเช่นเดียวกันนี้หรือไม่
    - ก แนะนำ (1)
    - ข ไม่แนะนำ (-1)
    - ค ไม่แน่ใจ (0)
21. ถ้านักเรียนเป็นสมถวิล นักเรียนจะปฏิบัติอย่างไร
    - ก ไปพบอาจารย์ประสิทธิ์ตามคำแนะนำของสมชาติ เพราะเป็นการตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งที่เชื่อถือได้ (1)
    - ข ไม่ไปพบอาจารย์ประสิทธิ์ตามคำแนะนำของสมชาติ เพราะข้อมูลที่อ่านน่าเชื่อถืออยู่แล้ว (-1)
    - ค ถามความคิดเห็นจากเพื่อนหลายๆ คนแล้วจึงตัดสินใจว่าจะไปกับสมชาติหรือไม่ (0)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

คำชี้แจง

▶ แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลฉบับนี้สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมและร่องรอยของพฤติกรรมที่แสดงออกระหว่างการเรียนการสอน ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตทั้งหมด 14 รายการ ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลทั้งหมด 7 ประการ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล มี 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

- แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลนี้ใช้สำหรับบันทึกพฤติกรรมที่สะท้อนความมีเหตุผลระหว่างการเรียนการสอน ทั้งหมด 9 รายการ

ตอนที่ 2 แบบบันทึกผลการสังเกตร่องรอยพฤติกรรมความมีเหตุผล

- แบบบันทึกผลการสังเกตร่องรอยพฤติกรรมความมีเหตุผลนี้ใช้สำหรับบันทึกพฤติกรรมที่สะท้อนความมีเหตุผลจากร่องรอยพฤติกรรมที่ได้จากการเรียนการสอน ซึ่งสังเกตหลังจากการเรียนการสอนแล้วจัดเก็บหลักฐานต่างๆ เพื่อนำมาสังเกต ทั้งหมด 5 รายการ

โดยแบบบันทึกผลการสังเกตทั้ง 2 ตอน มีแนวการปฏิบัติในการสังเกตและการแปลผลดังนี้

(1) **แนวการปฏิบัติในการสังเกต** ให้ผู้สังเกตทำการสังเกตแล้วทำเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องผลการสังเกตให้ตรงกับพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงออก โดยตรวจสอบรายการดังนี้

ปฏิบัติ	หมายถึง	นักเรียน<u>มี</u>พฤติกรรมการแสดงออก
ไม่ปฏิบัติ	หมายถึง	นักเรียน<u>ไม่มี</u>พฤติกรรมการแสดงออก

นอกจากนี้ผู้สังเกตสามารถบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเพิ่มเติม โดยเขียนลงในช่องบันทึกผลการสังเกต

(2) **การแปลผล** กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความมีเหตุผลเฉพาะส่วนของการตรวจสอบรายการพฤติกรรมที่สังเกตได้ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ผลการสังเกตพบว่านักเรียน<u>มี</u>พฤติกรรมแสดงออก	ให้คะแนน	1	คะแนน
ผลการสังเกตพบว่านักเรียน<u>ไม่มี</u>พฤติกรรมแสดงออก	ให้คะแนน	0	คะแนน

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมและร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตความมีเหตุผล

- พฤติกรรมและร่องรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตความมีเหตุผลนี้เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอนและเป็นร่องรอยพฤติกรรมได้จากกิจกรรมการเรียนการสอน กำหนดขึ้นเพื่อให้ผู้สังเกตทำการสังเกตได้ถูกต้องและครอบคลุมตามพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลที่กำหนด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ส่วนที่ 1</u> แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ตอนที่ 1 แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ชื่อ - นามสกุล นักเรียนที่สังเกต .....**ชั้น** ..... **เลขที่** ..... **สังเกตครั้งที่** ..... **วันที่** .....

พฤติกรรมที่ใช้สังเกต	ผลการสังเกต		บันทึกผลการสังเกต
	ปฏิบัติ	ไม่ปฏิบัติ	
1. ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์			
2. สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ			
3. อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ			
4. ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤติกรรมที่ใช้สังเกต	ผลการสังเกต		บันทึกผลการสังเกต
	ปฏิบัติ	ไม่ปฏิบัติ	
5. ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น			
6. อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ			
7. เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ			
8. อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ			
9. ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ			

ลงชื่อ ..... **(ผู้ประเมิน)**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ส่วนที่ 1</u> แบบบันทึกผลการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

ตอนที่ 2 แบบบันทึกผลการสังเกตร่องรอยพฤติกรรมความมีเหตุผล

ชื่อ - นามสกุล นักเรียนที่สังเกต .....**ชั้น** ..... **เลขที่** ..... **สังเกตครั้งที่** ..... **วันที่** .....

พฤติกรรมที่ใช้สังเกต	ผลการสังเกต		บันทึกผลการสังเกต
	ปฏิบัติ	ไม่ปฏิบัติ	
10. ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา			
11. ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์			
12. บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ			
13. ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล			
14. เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา			

ลงชื่อ ..... **(ผู้ประเมิน)**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ส่วนที่ 2</u> พฤติกรรมและร่อยรอยพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกตความมีเหตุผล

ตาราง พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต สิ่งที่ใช้ในการสังเกตและเลขข้อของแบบบันทึกผลการสังเกตความมีเหตุผล

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	สิ่งที่ใช้ในการสังเกต			เลขข้อของแบบบันทึกผลการสังเกตความมีเหตุผล
		พฤติกรรมระหว่างเรียน	ร่องร่อยพฤติกรรม	หลักฐานที่ใช้สังเกตร่องรอยพฤติกรรม	
1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล	● อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ	✓			6
	● เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ	✓			7
2. เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	● ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา		✓	แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	10
	● ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์		✓	แบบบันทึกการวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	สิ่งที่ใช้ในการสังเกต			เลขข้อของแบบบันทึกผลการสังเกตความมีเหตุผล
		พฤติกรรมระหว่างเรียน	ร่องร่อยพฤติกรรม	หลักฐานที่ใช้สังเกตร่องรอยพฤติกรรม	
3. ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ	● ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	✓			4
	● ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	✓			5
4. แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น	● ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์	✓			1
	● เขียนอภิปรายผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา		✓	เอกสารหรือรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ	14

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	สิ่งที่ใช้ในการสังเกต			เลขข้อของแบบบันทึกผลการสังเกตความมีเหตุผล
		พฤติกรรมระหว่างเรียน	ร่องร่อยพฤติกรรม	หลักฐานที่ใช้สังเกตร่องรอยพฤติกรรม	
5. แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย	● บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ		✓	เอกสารผลการศึกษาในหัวข้อผลการทำกิจกรรม	12
	● สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนสรุปผลการสำรวจตรวจสอบ	✓			2
6. แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	● ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนสรุปผล		✓	เอกสารผลการศึกษาในหัวข้อสรุปผลการทำกิจกรรม	13
	● อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ	✓			3
7. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	● อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ	✓			8
	● ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการ เอกสารหรือสื่ออื่นๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ	✓			9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง
เรื่อง กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 31242 วิชา ชีววิทยา 2**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน** 3 **คาบ เวลา** 150 **นาที**

นายสันติชัย อนุวรชัย (ผู้สอน)

มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

ว 1.1 **ม.** 4-6/3 สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการควบคุมดุลยภาพของน้ำ แร่ธาตุและอุณหภูมิของมนุษย์และสัตว์อื่นๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 **ม.** 4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 **ม.** 4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 **ม.** 4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนจบคาบนี้แล้วนักเรียนสามารถ

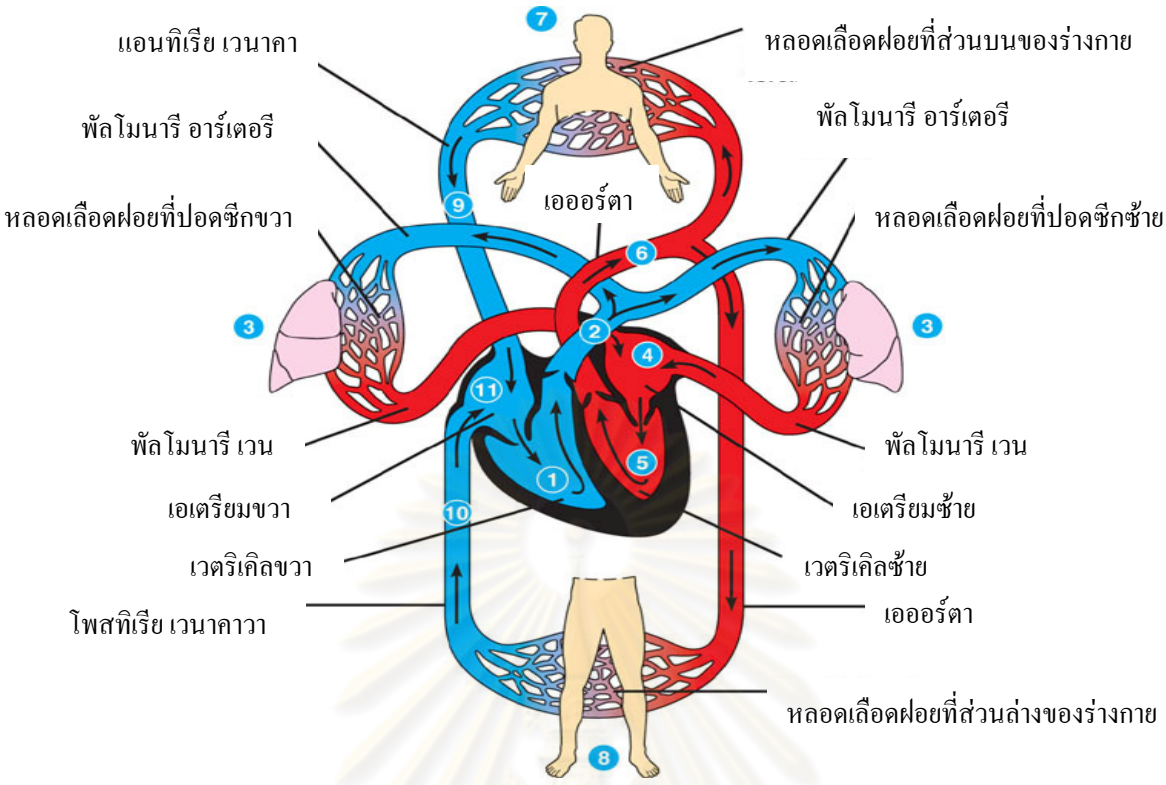
1. อธิบายกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนได้
2. ออกแบบบันทึกแอนิชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนได้
3. สร้างคำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนของเลือดในห้องหัวใจและหลอดเลือดได้
4. นำเสนอและโต้แย้งคำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนของเลือดในห้องหัวใจและหลอดเลือดได้
5. เขียนรายงานผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนได้

<u>สาระ</u>

กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน ประกอบด้วยกระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจและผ่านหลอดเลือด ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) กระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ

กระบวนการการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจเริ่มจากเลือดจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย จะลำเลียงเข้ามาทางหลอดเลือดเวนาคาวา (vena cava) โดยเลือดจากส่วนหัวและแขนจะเข้ามาทางหลอดเลือดซูพีเรียเวนาคาวา (superior vena cava) ส่วนเลือดที่มาจากส่วนล่างของร่างกายจะเข้ามาทางหลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวา (inferior vena cava) โดยเลือดจากหลอดเลือดทั้งสองทางนี้จะเข้าสู่เอเตรียมขวา ผ่านลิ้นไตรคัสปิดเข้าสู่เวตริเคิลขวา แล้วส่งออกไปฟอกที่ปอดผ่านทางหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (pulmonary artery) และลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ หลังจากเลือดได้รับออกซิเจนจากการฟอกที่ปอดแล้ว จะลำเลียงกลับเข้าสู่หัวใจผ่านทางหลอดเลือดพัลโมนารีเวน (pulmonary vein) เข้าสู่เอเตรียมซ้าย ไหลผ่านลิ้นไบคัสปิดเข้าสู่เวตริเคิลซ้าย แล้วสูบฉีดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านทางหลอดเลือดเอออร์ตา (aorta) และลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ กระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจสรุปได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



แผนภาพ กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน (Campbell and Reece, 2004)

(2) กระบวนการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือด

กระบวนการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือด เริ่มจากเลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดอาร์เตอรีที่ใหญ่ที่สุด คือ เออร์ตา และไหลไปตามอาร์เตอร์รีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนถึงอาร์เตอริโอล (arteriole) ซึ่งเป็นอาร์เตอรีที่มีขนาดเล็กที่สุด และเลือดจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดฝอยซึ่งเป็นหลอดเลือดที่เชื่อมต่อกับเวนูล (venule) ซึ่งเป็นหลอดเลือดเวนที่มีขนาดเล็กที่สุด ไหลไปตามหลอดเลือดเวนที่มีขนาดใหญ่ไปเรื่อยๆ จนถึงเวนาคาวา (vena cava) ซึ่งเป็นหลอดเลือดเวนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งนำเลือดเข้าสู่หัวใจ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ระบุภาระงาน (Identification of the Task) (19 นาที)

1. ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ดังนี้ (2 นาที)

1.1 หัวใจทำหน้าที่อะไร และเป็นส่วนหนึ่งของระบบใดในร่างกาย (ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เป็นส่วนหนึ่งของระบบไหลเวียนเลือด)

1.2 โครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการไหลเวียนเลือดคืออะไร (หลอดเลือด)

1.3 หากจะเปรียบเทียบหัวใจและหลอดเลือดกับสิ่งของ นักเรียนจะเปรียบเทียบกับอะไร เพราะเหตุใด (ปั๊มน้ำและสายยาง เพราะปั๊มน้ำทำหน้าที่สูบฉีดน้ำ ส่วนสายยางเป็นส่วนที่ลำเลียงน้ำ)

2. ครูกล่าวว่า “การไหลเวียนเลือดเป็นกระบวนการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากเซลล์แลกเปลี่ยนกับแก๊สออกซิเจนที่ได้จากการสูดลมหายใจเข้า โดยมีหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดและมีหลอดเลือดทำหน้าที่ลำเลียงเลือด” (1 นาที)

3. ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือด โดยแสดงภาพหัวใจและหลอดเลือดประกอบสื่อ power point จากนั้นให้นักเรียนเขียนระบุชื่อและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือดตามหมายเลขที่ปรากฏในภาพ เขียนลงในกระดาษที่ครูแจกให้ (10 นาที)

4. ครูระบุภาระงานสำหรับการสำรวจตรวจสอบเรื่องการไหลเวียนเลือดของคน ตามขั้นตอน ดังนี้ (6 นาที)

4.1 แจกเอกสารฉบับที่ 7 ผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนให้กับนักเรียนทุกคน (1 นาที) จากนั้นอธิบายวิธีทำกิจกรรมตามรายละเอียดที่ปรากฏในเอกสารที่แจกให้นักเรียน (1 นาที)

4.2 ครูถามคำถามก่อนทำกิจกรรม ดังนี้ (3 นาที)

4.2.1 วัตถุประสงค์ของกิจกรรมนี้คืออะไร (เพื่อศึกษากระบวนการไหลเวียนเลือดของคน)

4.2.2 หัวใจของคนแบ่งออกเป็นกี่ห้อง มีชื่อเรียกว่าอะไรบ้าง (แบ่งออกเป็น 4 ห้อง ได้แก่ เอเตรียมขวา เอเตรียมซ้าย เวตริเคิลขวาและเวนตริเคิลซ้าย)

4.2.3 ความหนาของผนังห้องหัวใจทั้ง 4 ห้อง แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ลักษณะดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร (ต่างกัน กล่าวคือหัวใจห้องเวนตริเคิลซ้ายมีผนังหนาที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ คือหัวใจห้องนี้ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ดังนั้นจึงมีผนังที่หนาเพื่อรับกับแรงสูงฉีดดังกล่าว)

4.2.4 สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ นักเรียนจะต้องสังเกตการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดใดบ้าง (เวนาคาวา พัลโมนารีอาร์เตอรี พัลโมนารีเวนและเอออร์ตา)

4.2.5 การที่เลือดเกิดการไหลเวียนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้นั้นเกิดจากกระบวนการทำงานของหัวใจในลักษณะใด (การบีบและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ)

5. ครูระบุภาระงานในการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ให้นักเรียนทราบ ดังนี้

- แบบบันทึกแอนิเมชั่นแสดงกระบวนไหลเวียนเลือดของคน
- คำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจและหลอดเลือด

ขั้นที่ 2 เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล (Generation and Analysis of Data) (33 นาที)

1. ครูให้นักเรียนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การไหลเวียนเลือดจากหัวใจไปยังปอด (2) การไหลเวียนเลือดจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และ (3) การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ต้นจนจบก่อน 2 รอบ (2 นาที)

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนที่เกิดขึ้นเพื่อออกแบบและวางแผนการบันทึกแอนิเมชั่น (10 นาที)

3. ให้ศึกษาแอนิเมชั่นอีกครั้งในลักษณะที่มีการหยุดให้นักเรียนสังเกตและบันทึกกระบวนการที่เกิดขึ้นด้วยการวาดภาพโครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดแล้วเขียนสัญลักษณ์แสดงทิศทางการไหลเวียนของเลือด (15 นาที) จากนั้นให้นักเรียนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบอีก 1 รอบ (1 นาที)

4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปประเด็นได้จากการบันทึกแอนิเมชั่น (5 นาที)

ขั้นที่ 3 สร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว (Production of a Tentative Argument) (35 นาที)

1. ครูถามนักเรียนว่า “เลือดที่ไหลเวียนไปตามห้องหัวใจและหลอดเลือดต่างๆ มีปริมาณออกซิเจนแตกต่างกันอย่างไร” จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างคำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจ ได้แก่ ห้องเอเตรียมและเวนตริเคิล และที่พบในหลอดเลือด ได้แก่ เวนาคาวา พัลโมนารีอาร์เตอรี พัลโมนารีเวนและเอออร์ตา เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตที่ครูแจกให้ โดยระบุองค์ประกอบของคำอธิบายให้ครบถ้วนเขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตที่ครูแจกให้ (35 นาที)

ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้ง (Argumentation Session) (63 นาที)

1. จัดกิจกรรมการโต้แย้ง โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้ (42 นาที)

1.1 ครูกำหนดประเด็นในการโต้แย้งสำหรับวันนี้ คือ ความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจและหลอดเลือด

1.2 ครูอธิบายคำสำคัญที่เกี่ยวกับประเด็นในการโต้แย้งให้นักเรียนฟัง 2 คำดังนี้ (1 นาที)

- ปริมาณออกซิเจนในเลือด หมายถึง ปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในเลือด
- หัวใจ หมายถึง หัวใจของคน แบ่งเป็น 4 ห้องได้แก่ เอเตรียมซ้าย เอเตรียมขวา เวนตริเคิลซ้ายและเวนตริเคิลขวา
- หลอดเลือด หมายถึง โครงสร้างที่ทำหน้าที่ลำเลียงเลือดให้ไหลเวียนไปสู่อวัยวะเป้าหมายต่างๆ สำหรับการสำรวจตรวจสอบในครั้งนี้เป็นการศึกษาการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือดเวนาคาวา พัลโมนารีอาร์เตอรี พัลโมนารีเวนและเอออร์ตา

1.3 ให้นักเรียนตัวแทนกลุ่มละ 2 คน ออกมานำเสนอคำอธิบายที่สร้างขึ้น โดยกำหนดเวลาในการนำเสนอกลุ่มละ 3 นาที จากนั้นให้นักเรียนกลุ่มที่ฟังเพื่อนนำเสนอ โต้แย้งเพื่อแสดงความเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยพร้อมให้เหตุผลประกอบ โดยกำหนดเวลาในการโต้แย้ง 2 นาทีต่อหนึ่งกลุ่ม (ทั้งหมด 8 กลุ่ม รวมเวลาทั้งหมด 40 นาที)

2. ครูใช้คำถามเพื่อสรุปการโต้แย้ง ดังนี้ (21 นาที)

2.1 ประเด็นการนำเสนอที่ทุกกลุ่มเห็นตรงกันคืออะไร

2.2 ประเด็นการนำเสนอที่นักเรียนเห็นขัดแย้งกันคืออะไร

2.3 หัวใจห้องใดที่รับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเอเตรียมขวา ลำเลียงมากับหลอดเลือดเวนาคาวา)

2.4 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเวนตริเคิลขวา ลำเลียงผ่านหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี)

2.5 หัวใจห้องใดรับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเอเตรียมซ้าย ลำเลียงมากับหลอดเลือดพัลโมนารีเวน)

2.6 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเวนตริเคิลซ้าย ลำเลียงผ่านหลอดเลือดเอออร์ตา)

2.7 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายจึงมีปริมาณออกซิเจนต่ำ (เนื่องจากเซลล์ในส่วนต่างๆ ของร่างกายได้นำเอาออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม)

2.8 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากปอดจึงมีปริมาณออกซิเจนสูง (เนื่องจากได้รับแก๊สออกซิเจนจากกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สในปอด)

2.9 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจแต่ละห้องแตกต่างกันอย่างไร (หัวใจห้องเอเตรียมขวาและเวนตริเคิลขวามีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าหัวใจห้องเอเตรียมซ้ายและเวนตริเคิลซ้าย)

2.10 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในหลอดเลือดแตกต่างกันอย่างไร (หลอดเลือดเวนาคาวาและพัลโมนารีอาร์เตอรีมีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าหลอดเลือดพัลโมนารีเวนและเอออร์ตา)

ขั้นที่ 5 เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบ (Write up Investigation Report)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนเขียนรายงานผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนลงในกระดาษขนาด A4 โดยมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้ (1) วัตถุประสงค์ของการศึกษา (2) วิธีการบันทึกแอนิเมชั่น และ (3) คำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจและหลอดเลือด

ขั้นที่ 6 การตรวจสอบโดยเพื่อน (Double-blind Peer Review)

1. ครูรวบรวมรายงานผลการศึกษาของนักเรียนแต่ละคน จากนั้นแจกให้กับนักเรียนแต่ละกลุ่มอย่างสุ่มพร้อมกับแจกแบบประเมินและเกณฑ์การตรวจสอบรายงานให้เท่ากับจำนวนรายงานที่แจกให้ (ดำเนินการในคาบถัดไปโดยใช้เวลา 15 นาที)

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายและตรวจสอบรายงานที่ได้รับแจก

ขั้นที่ 7 ปรับปรุงรายงาน (Revision of the Report)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมรายงานที่ตรวจสอบแล้วส่งคืนเจ้าของรายงาน

2. มอบหมายให้นักเรียนพิจารณาผลการตรวจสอบแล้วแก้ไขหรือปรับปรุงตามคำแนะนำของเพื่อนและส่งรายงานอีกครั้งตามวันและเวลาที่ครูกำหนด

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. สื่อ power point แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือด
2. สื่อแอนิเมชั่นเรื่องกระบวนไหลเวียนเลือดของคน สืบค้นจาก www.medmovie.com/mmdatabase/flash/0016a.swf
3. เอกสารฉบับที่ 7 ผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน จำนวน 33 ฉบับ
4. แบบประเมินรายงาน จำนวน 33 ฉบับ
5. กระดาษขนาด A4 จำนวน 33 แผ่น
6. กระดาษฟลิปชาร์ต จำนวน 8 แผ่น
7. ปากกาเมจิก

<u>การวัดและประเมินผล</u>

1. ประเมินการมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม การอภิปรายภายในกลุ่มโดยใช้การสังเกต

2. ประเมินรายงานผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนโดยใช้แบบประเมินรายงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารฉบับที่ 7

ผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

ชื่อ-สกุล .....**ชั้น** ..... **เลขที่** .....**กลุ่มที่** ……

บทนำ

ระบบไหลเวียนเลือด (circulatory system) เป็นระบบที่ทำหน้าที่ลำเลียงเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย เพื่อช่วยในการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์ในร่างกาย จึงมีบทบาทโดยตรงในการรักษาดุลยภาพในร่างกายของสิ่งมีชีวิต สำหรับสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีระบบไหลเวียนแบบปิด (closed circulatory system) ซึ่งเลือดจะไหลเวียนอยู่ในภายในหลอดเลือดเท่านั้น และมีหัวใจเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดให้เกิดการไหลเวียนอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากหัวใจแล้วหลอดเลือดยังเป็นส่วนหนึ่งของระบบไหลเวียนเลือดที่สำคัญ เนื่องจากทำหน้าที่เป็นท่อลำเลียงเลือดประกอบกันเป็นโครงข่ายการไหลเวียนเลือด ซึ่งมี 2 ส่วน คือ (1) การไหลเวียนเลือดผ่านปอด (pulmonary circulation) เป็นการลำเลียงเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำเข้าไปยังหลอดเลือดฝอยในปอดเพื่อเพิ่มแก๊สออกซิเจนและถ่ายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออก เพื่อลำเลียงกลับมายังหัวใจ (2) การไหลเวียนเลี้ยงร่างกาย (systemic circulation) เป็นการลำเลียงเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนสูงจากหัวใจไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านทางหลอดเลือดฝอย ซึ่งจะเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เซลล์ จากนั้นนำเลือดที่มีแก๊สออกซิเจนต่ำกลับเข้าสู่หัวใจ

คำถามชี้แนะการศึกษา

เมื่อเกิดกระบวนการไหลเวียนเลือด ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจและหลอดเลือดต่างๆ มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

วัสดุและอุปกรณ์

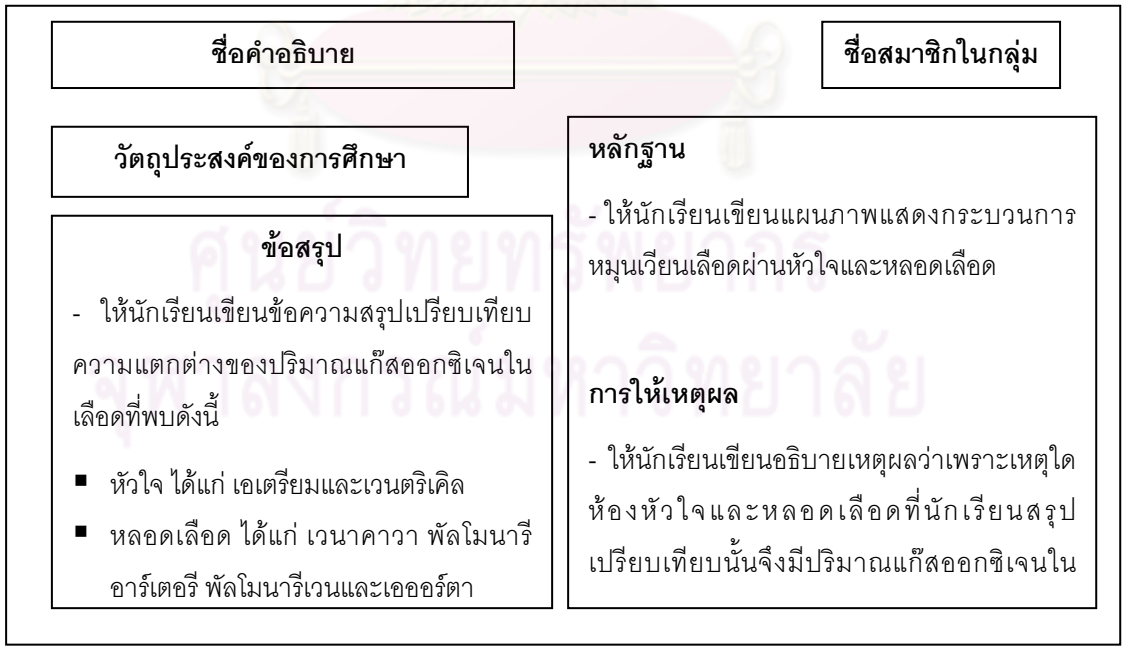
1. สื่อแอนิเมชั่นเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน สืบค้นจาก www.medmovie.com/mmdatabase/flash/0016a.swf
2. เอกสารฉบับที่ 7 ผลการศึกษาเรื่องการไหลเวียนเลือดของคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. กระดาษฟลิปชาร์ต
4. ปากกาเมจิก

<u>วิธีทำกิจกรรม</u>

1. ให้นักเรียนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การไหลเวียนเลือดจากหัวใจไปยังปอด (2) การไหลเวียนเลือดจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และ (3) การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ต้นจนจบก่อน 2 รอบ จากนั้น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนที่เกิดขึ้นเพื่อออกแบบและวางแผนการบันทึกแอนิเมชั่น
2. ให้ศึกษาแอนิเมชั่นอีกครั้งในลักษณะที่มีการหยุดให้นักเรียนสังเกตและบันทึกกระบวนการที่เกิดขึ้นด้วยการวาดภาพโครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดแล้วเขียนสัญลักษณ์แสดงทิศทางการไหลเวียนของเลือด จากนั้นให้นักเรียนนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบอีก 1 รอบ
3. ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเรื่องความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในเลือดที่ในห้องหัวใจและหลอดเลือด เขียนลงในกระดาษฟลิปชาร์ตที่ครูแจกให้กลุ่มละ 1 แผ่น โดยกำหนดโครงร่างของคำอธิบายดังนี้



ผลการทำกิจกรรม

แผนภาพ กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5E
เรื่อง กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รหัสวิชา ว 31242 วิชา ชีววิทยา 2**

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที**

นายสันติชัย อนุวรชัย (ผู้สอน)

มาตรฐานและตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

ว 1.1 **ม.** 4-6/3 สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการควบคุมดุลยภาพของน้ำ แร่ธาตุและอุณหภูมิของมนุษย์และสัตว์อื่นๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว 8.1 **ม.** 4-6/1 ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์หรือความสนใจ หรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้

ว 8.1 **ม.** 4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

ว 8.1 **ม.** 4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการและผลของโครงงานหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

<u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u>

เมื่อเรียนจบคาบเรียนนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนได้
2. เขียนแผนภาพแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนได้
3. เขียนแผนภาพและคำอธิบายการไหลเวียนเลือดของสัตว์ชนิดที่สนใจได้
4. มีความสนใจใฝ่รู้ และทำกิจกรรมด้วยความตั้งใจ

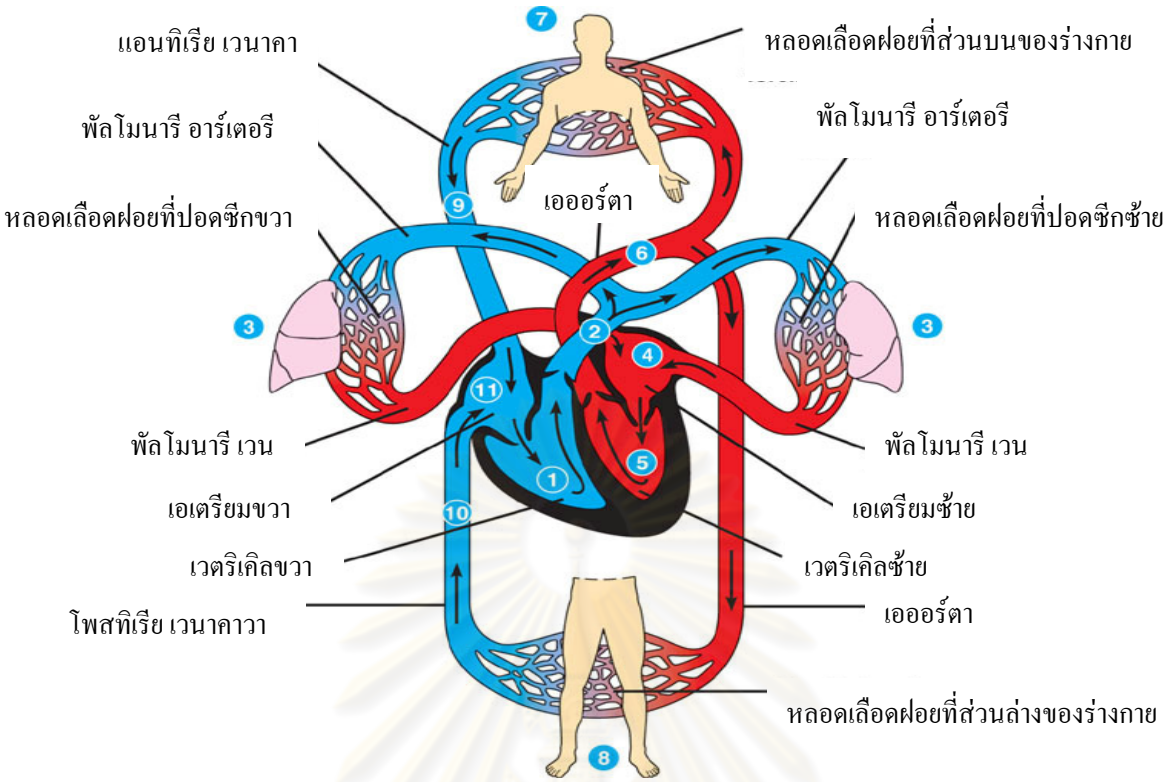
<u>สาระ</u>

กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน ประกอบด้วยกระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจและผ่านหลอดเลือด ดังมีรายละเอียดดังนี้

(1) กระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจ

กระบวนการการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจเริ่มจากเลือดจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย จะลำเลียงเข้ามาทางหลอดเลือดเวนาคาวา (vena cava) โดยเลือดจากส่วนหัวและแขนจะเข้ามาทางหลอดเลือดซูพีเรียเวนาคาวา (superior vena cava) ส่วนเลือดที่มาจากส่วนล่างของร่างกายจะเข้ามาทางหลอดเลือดอินฟีเรียเวนาคาวา (inferior vena cava) โดยเลือดจากหลอดเลือดทั้งสองทางนี้จะเข้าสู่เอเตรียมขวา ผ่านลิ้นไตรคัสปิดเข้าสู่เวตริเคิลขวา แล้วส่งออกไปฟอกที่ปอดผ่านทางหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี (pulmonary artery) และลิ้นพัลโมนารีเซมิลูนาร์ หลังจากเลือดได้รับออกซิเจนจากการฟอกที่ปอดแล้ว จะลำเลียงกลับเข้าสู่หัวใจผ่านทางหลอดเลือดพัลโมนารีเวน (pulmonary vein) เข้าสู่เอเตรียมซ้าย ไหลผ่านลิ้นไบคัสปิดเข้าสู่เวตริเคิลซ้าย แล้วสูบฉีดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านทางหลอดเลือดเอออร์ตา (aorta) และลิ้นเอออร์ติกเซมิลูนาร์ กระบวนการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจสรุปได้ดังแผนภาพต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภาพ กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน (Campbell and Reece, 2004)

(2) กระบวนการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือด

กระบวนการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือด เริ่มจากเลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดอาร์เตอรีที่ใหญ่ที่สุด คือ เออออร์ตา และไหลไปตามอาร์เตอร์รีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ จนถึงอาร์เตอริโอล (arteriole) ซึ่งเป็นอาร์เตอรีที่มีขนาดเล็กที่สุด และเลือดจะไหลเข้าสู่หลอดเลือดฝอยซึ่งเป็นหลอดเลือดที่เชื่อมต่อกับเวนูล (venule) ซึ่งเป็นหลอดเลือดเวนที่มีขนาดเล็กที่สุด ไหลไปตามหลอดเลือดเวนที่มีขนาดใหญ่ไปเรื่อยๆ จนถึงเวนาคาวา (vena cava) ซึ่งเป็นหลอดเลือดเวนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ซึ่งนำเลือดเข้าสู่หัวใจ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) (13 นาที)

1. ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน ดังนี้ (2 นาที)

1.1 หัวใจทำหน้าที่อะไร และเป็นส่วนหนึ่งของระบบใดในร่างกาย (ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย เป็นส่วนหนึ่งของระบบไหลเวียนเลือด)

1.2 โครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของกระบวนการไหลเวียนเลือดคืออะไร (หลอดเลือด)

1.3 หากจะเปรียบเทียบหัวใจและหลอดเลือดกับสิ่งของ นักเรียนจะเปรียบเทียบกับอะไร เพราะเหตุใด (ปั๊มน้ำและสายยาง เพราะปั๊มน้ำทำหน้าที่สูบฉีดน้ำ ส่วนสายยางเป็นส่วนที่ลำเลียงน้ำ)

2. ครูกล่าวว่า “การไหลเวียนเลือดเป็นกระบวนการนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากเซลล์แลกเปลี่ยนกับแก๊สออกซิเจนที่ได้จากการสูดลมหายใจเข้า โดยมีหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดเลือดและมีหลอดเลือดทำหน้าที่ลำเลียงเลือด” (1 นาที)

3. ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือด โดยแสดงภาพหัวใจและหลอดเลือดประกอบสื่อ power point จากนั้นให้นักเรียนเขียนระบุชื่อและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือดตามหมายเลขที่ปรากฏในภาพ เขียนลงในกระดาษที่ครูแจกให้ (10 นาที)

4. ครูถามนักเรียนว่า “กระบวนการไหลเวียนเลือดเป็นอย่างไร”

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) (75 นาที)

1. ครูแจกเอกสารฉบับที่ 7 ผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคนให้กับนักเรียนทุกคน (1 นาที) จากนั้นอธิบายวิธีการบันทึกแอนิเมชั่นให้นักเรียนฟัง (2 นาที)

2. ครูถามคำถามก่อนทำกิจกรรม ดังนี้ (5 นาที)

2.1 วัตถุประสงค์ของกิจกรรมนี้คืออะไร (เพื่อศึกษากระบวนการไหลเวียนเลือดของคน)

2.2 หัวใจของคนแบ่งออกเป็นกี่ห้อง มีชื่อเรียกว่าอะไรบ้าง (แบ่งออกเป็น 4 ห้อง ได้แก่ เอเตรียมขวา เอเตรียมซ้าย เวตริเคิลขวาและเวนตริเคิลซ้าย)

2.3 ความหนาของผนังห้องหัวใจทั้ง 4 ห้อง แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ลักษณะดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร (ต่างกัน กล่าวคือหัวใจห้องเวนตริเคิลซ้ายมีผนังหนาที่สุด ซึ่งสัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ คือหัวใจห้องนี้ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย ดังนั้นจึงมีผนังที่หนาเพื่อรับกับแรงสูงฉีดดังกล่าว)

2.4 สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ นักเรียนจะต้องสังเกตการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดใดบ้าง (เวนาคาวา พัลโมนารีอาร์เตอรี พัลโมนารีเวนและเอออร์ตา)

2.5 การที่เลือดเกิดการไหลเวียนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้นั้นเกิดจากกระบวนการทำงานของหัวใจในลักษณะใด (การบีบและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ)

3. ครูให้นักเรียนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลง 3 ประเด็น ได้แก่ (1) การไหลเวียนเลือดจากหัวใจไปยังปอด (2) การไหลเวียนเลือดจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และ (3) การไหลเวียนเลือดไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ต้นจนจบก่อน 2 รอบ (2 นาที)

4. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนที่เกิดขึ้นเพื่อออกแบบและวางแผนการบันทึกแอนิเมชั่น (10 นาที)

5. ให้ศึกษาแอนิเมชั่นอีกครั้งในลักษณะที่มีการหยุดให้นักเรียนสังเกตและบันทึกกระบวนการที่เกิดขึ้นด้วยการวาดภาพโครงสร้างของหัวใจและหลอดเลือดแล้วเขียนสัญลักษณ์แสดงทิศทางการไหลเวียนของเลือด (15 นาที) จากนั้นให้นักเรียนศึกษาแอนิเมชั่นแสดงกระบวนการไหลเวียนเลือดตั้งแต่เริ่มต้นจนจบอีก 1 รอบ (1 นาที)

6. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปประเด็นได้จากการบันทึกแอนิเมชั่น (5 นาที) จากนั้นเขียนแผนภาพแสดงกระบวนการไหลเวียนของเลือดพร้อมกับเขียนอธิบายสั้นๆ ประกอบภาพ (45 นาที)

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (62 นาที)

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม นำแผนภาพติดแสดงบนกระดานพร้อมกับนำเสนอหน้าชั้นเรียน โดยกำหนดให้นำเสนอกลุ่มละ 4 นาที (ทั้งหมด 8 กลุ่ม รวม 32 นาที)

2. ครูใช้คำถามเพื่อนำสรุปเกี่ยวกับกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน ดังนี้ (20 นาที)

2.1 หัวใจห้องใดที่รับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเอเตรียมขวา ลำเลียงมากับหลอดเลือดเวนาคาวา)

2.2 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเวนตริเคิลขวา ลำเลียงผ่านหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เตอรี)

2.3 หัวใจห้องใดรับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเอเตรียมซ้าย ลำเลียงมากับหลอดเลือดพัลโมนารีเวน)

2.4 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด (หัวใจห้องเวนตริเคิลซ้าย ลำเลียงผ่านหลอดเลือดเออร์ตา)

2.5 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายจึงมีปริมาณออกซิเจนต่ำ (เนื่องจากเซลล์ในส่วนต่างๆ ของร่างกายได้นำเอาออกซิเจนไปใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม)

2.6 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากปอดจึงมีปริมาณออกซิเจนสูง (เนื่องจากได้รับแก๊สออกซิเจนจากกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สในปอด)

2.7 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจแต่ละห้องแตกต่างกันอย่างไร (หัวใจห้องเอเตรียมขวาและเวนตริเคิลขวามีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าหัวใจห้องเอเตรียมซ้ายและเวนตริเคิลซ้าย)

2.8 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในหลอดเลือดแตกต่างกันอย่างไร (หลอดเลือดเวนาคาวาและพัลโมนารีอาร์เตอรีมีปริมาณออกซิเจนในเลือดน้อยกว่าหลอดเลือดพัลโมนารีเวนและเอออร์ตา)

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายแล้วเขียนสรุปผลการทำกิจกรรมลงในเอกสารฉบับที่ 7 (10 นาที)

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration)

1. ครูมอบหมายให้นักเรียนแต่ละคนสืบค้นเรื่องการไหลเวียนเลือดของสัตว์ที่สนใจเพียงหนึ่งชนิด แล้วให้เขียนแผนภาพพร้อมกับเขียนอธิบายการไหลเวียนเลือดของสัตว์ชนิดดังกล่าว ส่งครูตามวันและเวลาที่กำหนด

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation)

ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

1. ประเมินความสนใจใฝ่รู้และความตั้งใจโดยใช้การสังเกต

2. ประเมินแผนภาพแสดงการไหลเวียนเลือดของสัตว์ที่ให้นักเรียนสืบค้น โดยใช้แบบประเมินแผนภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สื่อการเรียนรู้</u>

1. สื่อ power point แสดงโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจและหลอดเลือด
2. สื่อแอนิเมชั่นเรื่องการไหลเวียนเลือดผ่านหัวใจและหลอดเลือด สืบค้นจาก www.medmovie.com/mmdatabase/flash/0016a.swf
3. เอกสารฉบับที่ 7 ผลการศึกษาเรื่องการหมุนเวียนเลือดของคน จำนวน 33 ฉบับ

4. กระดาษขนาด A4 จำนวน 33 แผ่น

5. กระดาษฟลิปชาร์ต จำนวน 8 แผ่น

6. ปากกาเมจิก

<u>การวัดและประเมินผล</u>

1. ประเมินความสนใจใฝ่รู้และความตั้งใจโดยใช้การสังเกต

2. ประเมินแผนภาพแสดงการไหลเวียนเลือดของสัตว์ที่ให้นักเรียนสืบค้น โดยใช้แบบประเมินแผนภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารฉบับที่ 7

ผลการศึกษาเรื่องกระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

ชื่อ-สกุล .....**ชั้น** ..... **เลขที่** .....**กลุ่มที่** .....

คำชี้แจง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติ ดังนี้

1. อภิปรายแล้วตอบคำถามก่อนทำกิจกรรม
2. ทำกิจกรรมตามขั้นตอนที่กำหนดและบันทึกผลลงในช่องว่างที่กำหนด
3. ตอบคำถามหลังการทำกิจกรรมและสรุปผลการทำกิจกรรม

คำถามก่อนทำกิจกรรม

1 วัตถุประสงค์ของกิจกรรมนี้คืออะไร .....
.....

2 หัวใจของคนแบ่งออกเป็นกี่ห้อง มีชื่อเรียกว่าอะไรบ้าง .....
.....

3 ความหนาของผนังห้องหัวใจทั้ง 4 ห้อง แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร ลักษณะดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจอย่างไร .....
.....
.....
.....

4 สำหรับการสำรวจตรวจสอบในครั้งนี้นักเรียนจะต้องสังเกตการไหลเวียนเลือดในหลอดเลือดใดบ้าง
.....

5 การที่เลือดเกิดการไหลเวียนไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้นั้น เกิดจากอะไร .....
.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทำกิจกรรม

แผนภาพ กระบวนการไหลเวียนเลือดของคน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำถามหลังทำกิจกรรม

1 หัวใจห้องใดที่รับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำจากส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด ……..

2 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด ……

3 หัวใจห้องใดรับเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงจากปอดกลับเข้าสู่หัวใจ และลำเลียงมากับหลอดเลือดใด ……

4 หัวใจห้องใดที่ส่งเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนสูงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย และลำเลียงผ่านหลอดเลือดใด ……

5 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากส่วนต่างๆ ของร่างกายจึงมีปริมาณออกซิเจนต่ำ ……
……..

6 เพราะเหตุใดเลือดที่มาจากปอดจึงมีปริมาณออกซิเจนสูง ……
……..

7 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในห้องหัวใจแต่ละห้องแตกต่างกันอย่างไร ……...
……..

8 ปริมาณออกซิเจนในเลือดที่พบในหลอดเลือดแตกต่างกันอย่างไร ……...
……..

สรุปผลการทำกิจกรรม

……

……

……

……

……

……

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. คุณภาพของแบบวัดความมีเหตุผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **<u>คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์</u>**

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเครื่องมือ 3 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (2) แบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเครื่องมือแต่ละฉบับมีการตรวจสอบคุณภาพและได้ผลการตรวจสอบดังนี้

1.1 คุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) **ความตรงเชิงเนื้อหา** (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 27

(2) **ความเที่ยง** (Reliability) พิจารณาจากค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 28

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	ทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมได้สอดคล้องกับคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ และแยกแยะองค์ประกอบของคำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบได้ครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	กำหนดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบได้ถูกต้องและเป็นลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน	1	วัดได้สอดคล้อง
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	ออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบได้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล และสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน	1	วัดได้สอดคล้อง
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	ดำเนินการสำรวจตรวจสอบตามแผนที่วางไว้ครบทุกขั้นตอน และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบอย่างครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง และมีความกระชับ	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 27 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	เลือกใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ได้สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งแสดงหลักฐานได้ถูกต้องและครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานได้ถูกต้อง และครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	r
1. การวิเคราะห์คำถามหรือปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ	.281
2. การวางแผนการสำรวจตรวจสอบ	.851**
3. การออกแบบบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบ	.784**
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	.894**
5. การระบุข้อกล่าวอ้าง	.864**
6. การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์	.340
7. การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการให้เหตุผล	.716**
รวม	.855**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 **คุณภาพของแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) **ความตรงเชิงเนื้อหา** (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างข้อคำถามในข้อสอบกับนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 29

(2) **คุณภาพของข้อสอบรายข้อ** พิจารณาจากการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ผลดังตารางที่ 30

ตารางที่ 29 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์กับข้อคำถามในข้อสอบ

นิยามเชิงปฏิบัติการ	ข้อสอบ	IOC	ความหมาย
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเขียนอธิบายผลหรือข้อกล่าวอ้างที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่มีการสนับสนุนโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีการให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ประการ ได้แก่ (1) ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา (2) หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงปริมาณหรือคุณภาพที่สนับสนุนข้อสรุป และ (3) การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ข้อสอบข้อที่ 1	1	วัดได้สอดคล้อง
	ข้อสอบข้อที่ 2	1	วัดได้สอดคล้อง
	ข้อสอบข้อที่ 3	1	วัดได้สอดคล้อง
	ข้อสอบข้อที่ 4	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 30 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อสอบ	p	ความหมาย	r	ความหมาย
ข้อที่ 1	.67	ค่อนข้างง่าย	.25	จำแนกได้พอใช้
ข้อที่ 2	.43	ยากพอเหมาะ	.21	จำแนกได้พอใช้
ข้อที่ 3	.53	ยากพอเหมาะ	.31	จำแนกได้ดี
ข้อที่ 4	.56	ยากพอเหมาะ	.39	จำแนกได้ดี

1.3 **คุณภาพของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**

การตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

(1) **ความตรงเชิงเนื้อหา** (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมิน ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 31-32

(2) **ความเที่ยง** (Reliability) พิจารณาจากค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ .01 ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 33

ตารางที่ 31 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
1. **ข้อกล่าวอ้าง** หมายถึง ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ระบุข้อกล่าวอ้างที่เชื่อมโยงกับคำถามได้ถูกต้อง กระชับและชัดเจน	1	วัดได้สอดคล้อง
2. **หลักฐาน** หมายถึง ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ได้ถูกต้องและครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง
3. **การให้เหตุผล** หมายถึง ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	เขียนข้อความแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบจำเพาะกับข้อสอบแต่ละข้อ

ข้อสอบ	รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
ข้อที่ 1 การย่อยไขมัน	1. ข้อกล่าวอ้าง	หากตับทำงานผิดปกติจนไม่สามารถสร้างน้ำดีได้จะส่งผลต่อการย่อยไขมัน	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. หลักฐาน	การย่อยไขมันต้องอาศัยทั้งน้ำดีและเอนไซม์	1	วัดได้สอดคล้อง
	3. การให้เหตุผล	(1) น้ำดีช่วยป้องกันไม่ให้หยดไขมันขนาดเล็กกลับมารวมกันได้ใหม่ ซึ่งหยดไขมันดังกล่าวสามารถแทรกตัวรวมกับน้ำในรูปอิมัลชัน (2) เอนไซม์ลิเพสย่อยหยดไขมันในรูปอิมัลชันให้เป็นกรดไขมันและกลีเซอรอล	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบจำเพาะกับข้อสอบแต่ละข้อ (ต่อ)

ข้อสอบ	รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
ข้อที่ 2 กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊ส	1. ข้อกล่าวอ้าง	หากได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ปริมาณมากจะทำให้เนื้อเยื่อได้รับแก๊สออกซิเจนน้อยลง	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. หลักฐาน	ออกซิเจนจับกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงได้น้อยลง	1	วัดได้สอดคล้อง
	3. การให้เหตุผล	(1) ฮีโมโกลบินเป็นตัวจับออกซิเจนที่แพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบถุงลมกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน (2) ออกซีฮีโมโกลบิน ถูกลำเลียงเข้าสู่หัวใจแล้วสูบฉีดไปยังเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้เนื้อเยื่อได้รับออกซิเจน	1	วัดได้สอดคล้อง
ข้อที่ 3 การกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์	1. ข้อกล่าวอ้าง	สาเหตุที่ทำให้ปลาและนกมีการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่แตกต่างกันคือสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. หลักฐาน	(1) ปลาอาศัยอยู่ในน้ำ มีการกำจัดของเสียในรูปแอมโมเนีย (2) นกอาศัยอยู่บนบก มีการกำจัดของเสียในรูปกรดยูริก	1	วัดได้สอดคล้อง
	3. การให้เหตุผล	(1) สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำสามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ ส่วนสัตว์ที่อาศัยอยู่บนบกต้องลดการสูญเสียน้ำในร่างกายให้มากที่สุด จึงไม่สามารถกำจัดของเสียไปพร้อมกับการสูญเสียน้ำในร่างกายได้ (2) แอมโมเนียมีความเป็นพิษมาก ต้องกำจัดออกทันทีไปพร้อมกับน้ำในปริมาณมาก แต่กรดยูริกมีความเป็นพิษน้อยกว่าจึงใช้น้ำกำจัดในปริมาณที่น้อยกว่า	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 32 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบจำเพาะกับข้อสอบแต่ละข้อ (ต่อ)

ข้อสอบ	รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน	IOC	ความหมาย
ข้อที่ 4 การให้และรับเลือด	1. ข้อกล่าวอ้าง	สมศักดิ์สามารถรับเลือดจากสมปองและสมหญิงได้	1	วัดได้สอดคล้อง
	2. หลักฐาน	(1) สมปองมีเลือดหมู่เดียวกับสมศักดิ์คือหมู่เลือด A (2) สมหญิงซึ่งมีหมู่เลือด O สามารถให้เลือดกับคนที่มีหมู่เลือดได้ทุกหมู่	1	วัดได้สอดคล้อง
	3. การให้เหตุผล	(1) การให้และรับเลือดที่ปลอดภัยคือผู้ให้จะต้องไม่มีแอนติเจนในเซลล์เม็ดเลือดตรงกับแอนติบอดีในพลาสมาของผู้รับ (2) หากตรงกัน แอนติเจนจะจับกับแอนติบอดีทำให้เลือดตกตะกอนเป็นอันตรายกับผู้รับเลือดได้	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 33 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อสอบข้อที่	เรื่อง	r
1	การย่อยไขมัน	.940**
2	กระบวนการแลกเปลี่ยนและลำเลียงแก๊ส	1.00**
3	การกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์	.960**
4	การให้และรับเลือด	.913**
	รวม	.928**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. **<u>คุณภาพของแบบวัดความมีเหตุผล</u>**

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยเครื่องมือ 2 ฉบับ ได้แก่ (1) แบบทดสอบความมีเหตุผล และ (2) แบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล โดยมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

2.1 **คุณภาพของแบบทดสอบความมีเหตุผล**

การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความมีเหตุผล ประกอบด้วย

(1) **ความตรงเชิงเนื้อหา** (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 34

(2) **คุณภาพของข้อสอบรายข้อ** พิจารณาจากการตรวจสอบค่าอำนาจจำแนกด้วยสถิติทดสอบที (t-test) จำแนกตามสถานการณ์ที่กำหนดได้ผลดังตารางที่ 35

ตารางที่ 34 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับสถานการณ์ที่กำหนด

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	สถานการณ์ที่กำหนด	IOC	ความหมาย
1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล	สถานการณ์ที่ 1	.67	วัดได้สอดคล้อง
2. เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	สถานการณ์ที่ 2	1	วัดได้สอดคล้อง
3. ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ	สถานการณ์ที่ 3	1	วัดได้สอดคล้อง
4. แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น	สถานการณ์ที่ 4	.67	วัดได้สอดคล้อง
5. แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย	สถานการณ์ที่ 5	.67	วัดได้สอดคล้อง
6. แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	สถานการณ์ที่ 6	1	วัดได้สอดคล้อง
7. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	สถานการณ์ที่ 7	.67	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 35 ค่าที (t) ของแบบทดสอบความมีเหตุผลจำแนกตามสถานการณ์ที่กำหนด

สถานการณ์	ค่าเฉลี่ย		ความแปรปรวน		t	ความหมาย
	กลุ่มสูง	กลุ่มต่ำ	กลุ่มสูง	กลุ่มต่ำ		
สถานการณ์ที่ 1	-.31	-.54	.73	.39	2.50	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 2	2.54	1.62	.44	2.10	2.09	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 3	1.15	0	1.29	1.67	2.18	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 4	1.54	-.46	1.93	2.43	3.45	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 5	2.85	2.00	.14	1.17	2.67	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 6	1.77	1.23	.08	2.99	1.74	สามารถจำแนกได้
สถานการณ์ที่ 7	3.00	2.54	0	3.51	1.73	สามารถจำแนกได้

2.2 คุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล ประกอบด้วย

(1) **ความตรงเชิงเนื้อหา** (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับระหว่างพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 36

(2) **ความเที่ยง** (Reliability) พิจารณาจากค่าความเที่ยงระหว่างผู้สังเกต (Inter-Rater Reliability) ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ได้ผลการตรวจสอบดังตารางที่ 37

ตารางที่ 36 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	IOC	ความหมาย
1. เชื่อในความสำคัญของเหตุผลและเห็นคุณค่าของการใช้เหตุผล	8. อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ	.67	วัดได้สอดคล้อง
	9. เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ	.67	วัดได้สอดคล้อง
2. เชื่อว่าสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นย่อมมีสาเหตุ ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายใดๆ ที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์	● ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	1	วัดได้สอดคล้อง
	● ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 36 ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผลกับพฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้ความมีเหตุผล	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	IOC	ความหมาย
3. ยอมรับในความคิดเห็นหรือคำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ	● ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	.67	วัดได้สอดคล้อง
	● ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	.67	วัดได้สอดคล้อง
4. แสวงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่างๆ และหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น	● ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์	.67	วัดได้สอดคล้อง
	● เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	.67	วัดได้สอดคล้อง
5. แสวงหาหลักฐานและข้อมูลเชิงประจักษ์จากการสำรวจตรวจสอบเพื่อสนับสนุนหรือคิดค้นหาคำอธิบาย	● บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
	● สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	1	วัดได้สอดคล้อง
6. แสดงความคิดเห็นหรือให้คำอธิบายที่มีหลักฐานหรือข้อมูลเชิงประจักษ์อย่างเพียงพอ	● ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	1	วัดได้สอดคล้อง
	● อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
7. ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแนวคิดต่างๆ กับข้อมูลที่เชื่อถือได้	● อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ	1	วัดได้สอดคล้อง
	● ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 37 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผู้สังเกตของแบบสังเกตความมีเหตุผล

	พฤติกรรมที่ใช้ในการสังเกต	r
1	อภิปรายหรือแสดงความคิดเห็นด้วยการกล่าวถึงสาเหตุและผลของเรื่องนั้นๆ	.681**
2	เขียนหรือพูดในเรื่องต่างๆ โดยแสดงเหตุผลประกอบ	.500**
3	ตั้งคำถามที่มีจุดประสงค์เพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	.218
4	ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์	.207
5	ซักถามเหตุผลในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	.134
6	ตรวจสอบหลักฐานในประเด็นที่เพื่อนอภิปรายหรือแสดงความคิดเห็น ก่อนจะยอมรับคำอธิบายหรือความคิดเห็น	1.000**
7	ปฏิบัติการทดลองหรือดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อแสวงหาสาเหตุของปัญหาหรือปรากฏการณ์	1.000**
8	เขียนรายงานผลการสำรวจตรวจสอบโดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือปรากฏการณ์ที่ศึกษา	.105
9	บันทึกข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการสำรวจตรวจสอบ	.075
10	สืบค้นหรือซักถามข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	.189
11	ใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบในการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	1.000**
12	อภิปรายหรือโต้แย้งด้วยการแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ	.107
13	อภิปรายและซักถามกับเพื่อนหรือครูเกี่ยวกับผลการสำรวจตรวจสอบ	.756**
14	ใช้หนังสือแบบเรียน คู่มือปฏิบัติการหรือสื่อที่ครูใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในการตรวจสอบผลการสำรวจตรวจสอบ	1.000**
	รวม	.680**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอน
ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอน
ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง

นักเรียนร่วมกันสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ที่ประกอบด้วยข้อสรุป หลักฐานและการให้เหตุผล

นักเรียนนำเสนอคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกิจกรรมการโต้แย้ง

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสันติชัย อนุวรชัย เกิดวันที่ 16 เมษายน พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาจังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกชีววิทยา-วิทยาศาสตร์ทั่วไป (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552 โดยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ประจำปีการศึกษา 2552 ของบัณฑิตวิทยาลัย ตลอดหลักสูตรการศึกษา และได้รับทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช รุ่นที่ 15 (2/2554) เพื่อสนับสนุนการทำวิจัย จากบัณฑิตวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย