

การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

มีนาคม 2559

การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด



ปริญญานิพนธ์
ของ
นพคุณ สุขสวัสดิ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

มีนาคม 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้

มีนาคม 2559

นพคุณ สุขสวัสดิ์. (2559). การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อน
ความคิด. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (ศึกษาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินูญานินพนธ์:
ผศ.ดร.พรทิพย์ ศิริภักทราชัย.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อน
ความคิด แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ pretest – posttest control group design กลุ่มตัวอย่าง
คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา
(สิงห์ สิงหเสนี) 2 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน
2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มทดลอง และอีก 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน
เป็นกลุ่มควบคุม ระยะเวลาที่ทำการวิจัยจำนวน 26 คาบ คาบละ 50 นาที เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย และ 3) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ใน
การวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ t-test for dependent sample, t-test for independent sample และ
one sample t-test

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจ
ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจ
ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

A STUDY OF TENTH GRADE STUDENTS' NATURE OF SCIENCE UNDERSTANDING AND
LEARNING ACHIEVEMENT THROUGH EXPLICIT REFLECTIVE APPROACH



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Education Science and Learning Management
at Srinakharinwirot University

March 2016

Noppakun Suksawad. (2016). *A Study of Tenth Grade Students' Nature of Science*

Understanding and Learning Achievement Through Explicit Reflective Approach.

Master thesis, M.Ed. (Educational Science and Learning Management). Bangkok:

Graduate School, Srinakharinwirot University.

Adviser committee: Asst. Prof. Dr. Porntip Siripatharachai.

The purpose of this research were to study 10th grade students' nature of science (NOS) understanding and learning achievement through explicit reflective approach. The design on this study was pretest-posttest control group design. The participants were 10th grade students in science-mathematics programs from Bodindecha (Sing Singhaseni) II school. The participants were chosen by cluster random sampling included two classrooms (50 students) as an experiment group and two classrooms (50 students) as a control group. The teaching period was 26 hours (50 minutes per period). The instruments used in the study included 1) learning management plan 2) learning achievement test and 3) NOS understanding test. The data analysis was done by t-test for dependent sample, t-test for independent sample and one sample t-test.

The results of this study indicated that :

1. The posttest scores of students' NOS understanding and learning achievement by explicit reflective approach were higher than the pretest scores at the .05 of statistical significant .
2. The posttest scores of students' learning achievement by explicit reflective approach was higher than criteria 70%.
3. The posttest scores of students' NOS understanding and learning achievement by explicit reflective approach were higher than students by conventional approach.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิดและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนให้กำลังใจและมีความเมตตาต่อศิษย์เสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ และ ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องของปริญญานิพนธ์ และสละเวลาในการเข้าร่วมเป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชนะวัฒน์ บุณนาค อาจารย์ ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิ้มปานนท์ อาจารย์ ดร.กนิษฐา อุณหันต์ และอาจารย์วันทนี วรรณรัตน์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ สละเวลาในการตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำชี้แนะ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี ขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 ที่ให้ความร่วมมือในกิจกรรมการเรียนการสอน และให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ และขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ ปีการศึกษา 2555 และเพื่อนนิสิตปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีววิทยา ปีการศึกษา 2550 ทุกคน ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา และขอขอบคุณทุกท่านที่ได้กล่าวนาม ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสุวรรณ สุขสวัสดิ์ และคุณแม่อรพรรณ สุขสวัสดิ์ ผู้มีพระคุณสูงสุดในชีวิตที่คอยสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ศึกษาเล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์ประการใดอันเกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาต่อพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

นพคุณ สุขสวัสดิ์

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ของ

นพคุณ สุขสวัสดิ์

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดุษฎี โยเหลา)
วันที่..... เดือน มีนาคม พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย)

.....ประธาน
(ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย)

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
สมมติฐานในการวิจัย.....	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	9
ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	9
ขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	11
ความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์.....	24
ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน.....	26
การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	29
การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	50
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	52
ความเป็นมาและความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	52
บทบาทของครูและนักเรียนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E.....	55
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดใหม่....	59
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ.....	65
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายนอกประเทศ.....	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	70
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	70
กำหนดแบบแผนการวิจัย.....	71
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	71
วิธีการดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล.....	79
การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้.....	80
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	82
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	90
บรรณานุกรม.....	102
ภาคผนวก.....	109
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	186

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์.....	11
2 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยต่างประเทศ.....	19
3 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยในประเทศไทย.....	20
4 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัย ต่างประเทศ.....	27
5 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัย ในประเทศ.....	28
6 แนวการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด.....	42
7 วัฏจักรการเรียนรู้ในแบบต่างๆ.....	53
8 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรแบบ 5E.....	55
9 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรแบบ 5E.....	57
10 กระบวนการทางพุทธิปัญญาของบลูมแบบดั้งเดิมและแบบปรับปรุงใหม่.....	62
11 มิติใหม่ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (Bloom's revised taxonomy 2001).....	65
12 แสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกตามกลุ่มความเข้าใจ ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการ สะท้อนความคิด.....	83
13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการ สะท้อนความคิด.....	84
14 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (กลุ่มทดลอง) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (กลุ่มควบคุม).....	85
15 เปรียบเทียบคะแนนผลการศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด.....	87

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 เปรียบเทียบคะแนนผลการศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70).....	88
17 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (กลุ่มทดลอง) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (กลุ่มควบคุม).....	89



บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนผังการสะท้อนความคิดของกิบส์.....	37
2 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดของผู้วิจัย.....	40



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลผลิตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์พัฒนาการคิดทั้งการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดวิพากษ์วิจารณ์ คิดแก้ปัญหา ซึ่งเป็นผลให้ผู้รู้วิทยาศาสตร์เข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ บนพื้นฐานของการมีคุณธรรมจริยธรรม เป้าหมายหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันคือมุ่งเน้นให้นักเรียนทุกคนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) เป็นการที่บุคคลเข้าใจในแง่มุมต่างๆ ของวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ไม่ได้หมายถึงการเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร ทำงานอย่างไร และวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบต่อและมีผลอย่างไรกับโลก วิธีการหนึ่งที่จะทำให้ผู้ศึกษาวิทยาศาสตร์เข้าใจในแง่มุมต่างๆ ของวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้คือการเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) (AAAS. 1990. Online; McComas. 1998: 4-5; Lonsbury; & Ellis. 2002: 1-7)

ธรรมชาติวิทยาศาสตร์คือ ความคิดหรือมุมมองทางสังคมของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยาและปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม ความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไรและสังคมมีปฏิกริยาอย่างไรต่อความพยายามทางวิทยาศาสตร์ โดยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไม่ได้ให้ความสำคัญในด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีและสังคม (McComas.1998: 4-5; ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2555: 233-256)

การเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เข้าใจวิทยาศาสตร์และเข้าใจบทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และวิทยาศาสตร์ไม่อาจให้ความจริงที่สมบูรณ์กับทุกคำถาม สนับสนุนให้เกิดความสนใจในวิทยาศาสตร์ โดยจะทำให้การสอนวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เพียงให้ผู้เรียนรู้หลักการหรือ

เนื้อหาของวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ธรรมชาติวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจถึงกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้วิทยาศาสตร์มีความน่าสนใจมากขึ้น สนับสนุนให้เกิดการอภิปรายโต้เถียงกันในมุมมองของบทบาทหน้าที่ของวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ (McComas. 1998: 7-14)

ด้วยเหตุนี้ทำให้นานาชาติต่างให้ความสำคัญของการศึกษาธรรมชาติวิทยาศาสตร์เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย American Association for the Advancement of Science: AAAS (1990) ในรัฐอัลเบอร์ตา ประเทศแคนาดา (ปริณดา ลิ้มปานนท์. 2547: 49-50) และ National Science Teachers Association: NSTA (2013. Online) ได้กำหนดมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์ว่า ครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ สำหรับในประเทศไทยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้มีการระบุไว้ให้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยกระทรวงศึกษาธิการ (2551: 15) สารที่ 8: ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 และมีงานวิจัยภายในประเทศที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้งครูและนักเรียน (กาญจนา มหาลี. 2553. 27-29; ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553: 2-4; ลือชา ลดาชาติ; และ ฎฎาภา สุทธกุล. 2555: 73-90; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และ พรทิพย์ ไชยใส. 2552: 34-40)

แต่ผลการศึกษาที่ผ่านมาพบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและไม่เพียงพอหลายประเด็น ทั้งนี้เนื่องจากขาดการบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ ครูยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และขาดการหยิบยกประเด็นหรือหลักการของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ขึ้นมาอธิบายในห้องเรียนอย่างเป็นรูปธรรม ไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดและอภิปรายลักษณะต่างๆ ของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในระหว่างการทำกิจกรรม (ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2556) ซึ่งทำให้นักการศึกษามีความกังวลต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักการศึกษาจึงได้พยายามพัฒนาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มากยิ่งขึ้น เช่น การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Historical-base approach) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit Approach) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit-Reflective Approach) เป็นต้น (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095; David; et al. 2013: 1-31; Eleni; & Dimitris. 2011: 561-580; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578; Lonsbury; & Ellis. 2002: 1-34; Schwartz; et al. 2004: 610-645)

การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักการศึกษาให้ความเห็นว่าสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เพราะเป็นการสอนที่เน้นความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน มีการ

เน้นย้ำและทบทวนความเข้าใจในการเรียนสม่ำเสมอ มีการตรวจสอบให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนและช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ออกมาอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ (Schwartz; et al. 2004: 610-645) ผู้เรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมภายในห้องเรียน ช่วยปรับมุมมองและแก้ไขความถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ โดยกิจกรรมมีการสะท้อนความคิดอย่างชัดเจน และเป็นการสอนที่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างไม่จำกัด ไม่มีหลักเกณฑ์การจัดกิจกรรมที่ตายตัว เช่น การให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่างๆ การสำรวจ ค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ผ่านการทำงาน เป็นต้น อีกทั้งหลักการสะท้อนความคิด (Reflective thinking) ยังเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูง (Higher order thinking) ตาม Bloom's Taxonomy ที่ประกอบด้วยชั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า (Choy; & Pou San Oo. 2012: 167-182; อ้างอิงจาก Bloom. 1976. *Human Characteristics and School Learning.*)

จากสภาพการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันและแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดียิ่งขึ้น โดยผลการวิจัยจะเป็นข้อมูลและแนวทางในการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่จะสะท้อนให้เห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และมีการปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจในวิทยาศาสตร์และส่งเสริมลักษณะของผู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ซึ่งเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ได้ใช้ในการออกแบบและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อมุ่งพัฒนาให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องในธรรมชาติวิทยาศาสตร์และมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น และผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่จะสะท้อนให้เห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และมีปรับปรุงการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพตรงตามมาตรฐานการเรียนรู้ และส่งเสริมลักษณะของผู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

2. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดและสื่อการสอน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนของครูในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และกลุ่มสาระอื่นๆ ได้นำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพกับผู้เรียนต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 8 ห้องเรียน มีนักเรียน 320 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มทดลอง และอีก 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มควบคุม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา พื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 เป็นระยะเวลา 26 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้
 - 1.1 การจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
 - 1.2 การจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
 - 2.2 ผสมสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนอย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยมีการเน้นย้ำความรู้ ทบทวนความเข้าใจอย่างสม่ำเสมอ มีการตรวจสอบให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนสู่การปรับมุมมองต่างๆ อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และความเข้าใจในเนื้อหาบทเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน
2. ขั้นนำเสนอสาระความรู้
3. ขั้นปฏิบัติโดยการคอยแนะนำ
4. ขั้นแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ
5. ขั้นการฝึกอย่างอิสระ
6. ขั้นทบทวนความรู้

2. การจัดการเรียนรู้แบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบปกติของผู้วิจัยที่ผู้วิจัยดำเนินการสอนในโรงเรียน โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์หรือความรู้เดิม สร้างเป็นความรู้หรือแนวคิดของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
3. ขั้นอธิบาย (Explanation)
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)

3. ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจของนักเรียนในการอธิบายให้เหตุผลและยกตัวอย่างประกอบเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ วิเคราะห์จากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยภายหลังจากการตรวจแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแบ่งตามความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของแอตเอลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalich; & Lederman. 2000: 1057-1095) และ กาญจนา มหาลี (2553: 41-49) ซึ่งประกอบด้วย

ความเข้าใจที่ถูกต้องชัดเจน (Informed) หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความและยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็น

ความเข้าใจบางส่วน (Adequate) หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความธรรมชาติวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็นอย่างถูกต้อง แต่การให้เหตุผลประกอบหรือยกตัวอย่างแสดงความเข้าใจไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ (Inadequate) หมายถึง นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยไม่สามารถอธิบาย ขยายความ ให้เหตุผลและยกตัวอย่างที่ถูกต้องได้

ทั้งนี้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ครอบคลุมประเด็นที่ศึกษาทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View)
 - 1.1 ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี
 - 1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
 - 1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
 - 1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม
2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)
 - 2.1 การสังเกตและการลงข้อสรุป
 - 2.2 วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี
 - 2.3 วิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์
3. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise)
 - 3.1 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม
 - 3.2 การคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของ

นักวิทยาศาสตร์

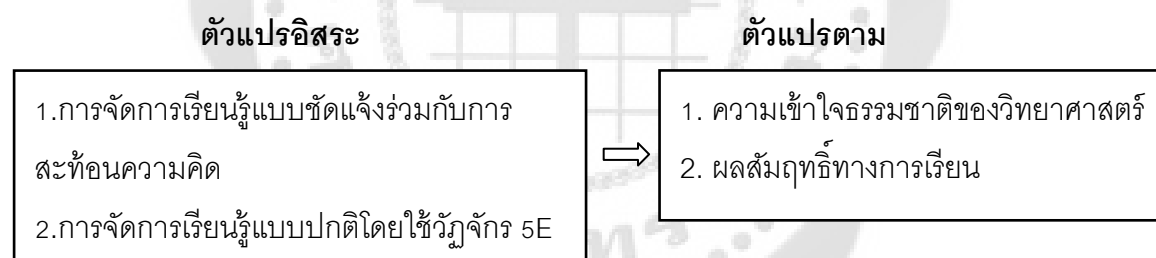
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ พิจารณาคะแนนก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบอัตนัย 2 ชุด แบบคู่ขนาน วัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิด Bloom's Revised taxonomy 2001 (Krathwohl, 2002: 212-264) ที่เน้นการคิดขั้นสูง (Higher order thinking) ซึ่งประกอบด้วย

4.1 **ขั้นวิเคราะห์ (Analyze)** หมายถึง ความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่งต่างๆ และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ตลอดจนบอกความสัมพันธ์ระหว่างของส่วนประกอบกับโครงสร้างรวมหรือส่วนประกอบเฉพาะได้

4.2 **ขั้นประเมินค่า (Evaluate)** หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยเกณฑ์หรือมาตรฐานได้

4.3 **ขั้นสร้างสรรค์ (Create)** หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยรูปแบบใหม่ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย
 - 1.1 ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์
 - 1.2 ขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์
 - 1.3 ความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์
 - 1.4 ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
 - 1.5 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
 - 1.6 การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
2. เอกสารที่เกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E
 - 2.1 ความเป็นมาและความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E
 - 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E
3. เอกสารเกี่ยวข้องกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดใหม่
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายนอกประเทศ

1.เอกสารที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์พบว่า นักการศึกษาอธิบายเกี่ยวกับความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

แมคคอม (McComas. 1998: 4-5) ได้กล่าวว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์คือ การผสมผสานของความคิดหรือมุมมองทางสังคมของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยาและปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไรและสังคมมีปฏิกริยาอย่างไรต่อความพยายามทางวิทยาศาสตร์ โดยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเหมือนวิทยาศาสตร์โดยตรง ซึ่งผู้ศึกษาธรรมชาติวิทยาศาสตร์มาจากหลายสาขาวิชาที่มุ่งศึกษาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์โดยตั้งคำถามว่า “อะไรเป็นตัวกำหนดขอบเขตวิทยาศาสตร์ที่ทำให้

แยกออกจากสาขาอื่น” “แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้จากการค้นพบหรือการประดิษฐ์ขึ้นมา” “มีความเห็นร่วมกันหรือข้อตกลงอย่างไรในสังคมวิทยาศาสตร์” และ “ธรรมชาติวิทยาศาสตร์อธิบายว่าวิทยาศาสตร์มีบทบาทหน้าที่อย่างไร”

เลเดอร์แมนและคณะ (Lederman; et. al. 2002: 1-7) ได้เสนอความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นการอ้างถึงญาณวิทยาและสังคมวิทยาของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ในฐานะวิถีแห่งความรู้หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ปริณดา ลิ้มปานนท์ (2547: 8) ได้กล่าวว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์คือ การอ้างถึง 1) ญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ 2) สังคมวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานแบบกลุ่มสังคมของนักวิทยาศาสตร์และความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม และ 3) ค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ ซึ่งการศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต้องมีการผสมผสานระหว่างประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การศึกษานิติวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในด้านการช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาศาสตร์เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการพิจารณาว่านักเรียนควรเรียนสิ่งใดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ชาติรี ฝ่ายคำตา (2555: 233-260) ได้กล่าวว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์คือ การศึกษาเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งความรู้ การทำงานหรือสังคมของนักวิทยาศาสตร์ และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม โดยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไม่ได้ให้ความสำคัญในด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีและสังคม

จากความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์คือ ความคิดหรือมุมมองทางสังคมของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยาและปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ค่านิยม ความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานเป็นกลุ่มสังคมได้อย่างไรและสังคมมีปฏิกริยาอย่างไรต่อความพยายามทางวิทยาศาสตร์ โดยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไม่ได้ให้ความสำคัญในด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ และความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยีและสังคม

1.2 ขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่า สถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้กำหนดขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

ตาราง 1 ขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

AAAS (1990. Online)	NSTA (2013. Online)	NSDL (2014. Online)
1)โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View) 1.1 โลกเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ 1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ 1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน 1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม 2)การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) 2.1 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 2.2 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลและจินตนาการ 2.3 วิทยาศาสตร์สามารถที่จะอธิบายและทำนาย 2.4 นักวิทยาศาสตร์พยายามจะระบุและหลีกเลี่ยงอคติในการทำงานของเขาเองและของนักวิทยาศาสตร์คนอื่น 2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ใช่การเชื่อฟังผู้มีอำนาจ 3)กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise) 3.1 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน 3.2 วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวิชาการ และสถาบันอื่นๆ 3.3 การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการยอมรับ 3.4 นักวิทยาศาสตร์มีหลายบทบาทในสังคม	1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนและเป็นจริงชั่วคราว 2) ไม่มีวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพียงวิธีเดียวแต่มีลักษณะร่วมกันในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบาย 3) คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้รับการสนับสนุนโดยหลักฐานเชิงประจักษ์และสามารถทดสอบได้ 4) ความคิดสร้างสรรค์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5) มีความสัมพันธ์ระหว่างกฎกับทฤษฎี 6) มีความสัมพันธ์ระหว่างการสังเกตและการลงความคิดเห็น 7) บริบททางสังคมและวัฒนธรรมแสดงบทบาทสำคัญในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1)โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View) 1.1 ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ 1.2 การสำรวจโลกที่รู้จัก 1.3 ความต่อเนื่องและการเปลี่ยนแปลง 2)ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Theories) 2.1 หลักฐานที่สามารถเข้าใจได้ 3)หลักฐานและเหตุในการสืบเสาะ (Evidence and Reasoning in Inquiry) 3.1 ที่มาของเหตุผล 3.2 การสังเกตและหลักฐานเชิงประจักษ์ 4) การสืบเสาะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Investigation) 4.1 ตัวแปรควบคุมและเงื่อนไข 4.2 ความเที่ยงตรงของผลการทดลอง 4.3 การเก็บข้อมูล 4.4 รูปแบบของการสืบเสาะ 5)การหลีกเลี่ยงความลำเอียงทางวิทยาศาสตร์ (Avoiding Bias in Science) 5.1 ความน่าเชื่อถือของผลการทดลอง 5.2 สิ่งป้องกันความลำเอียง 5.3 ความคาดหวังและคำอธิบาย 6)ประชาคมวิทยาศาสตร์ (The Scientific Community) 6.1 ระเบียบ ข้อตกลง 6.2 อาชีพและทุนวิจัย 6.3 นักวิทยาศาสตร์ในฐานะพลเมือง 6.4 การติดต่อสื่อสาร เผยแพร่งานทางวิทยาศาสตร์ 7) วิทยาศาสตร์และสังคม (Science and Society) 7.1 จริยธรรมการวิจัย 7.2 สังคมที่ส่งผลต่อวิทยาศาสตร์ 7.3 วิทยาศาสตร์ที่ส่งผลต่อสังคม

ส่วนในประเทศไทยธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้มีการระบุไว้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยกระทรวงศึกษาธิการ (2551: 15) สารที่ 8: ธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ซึ่งมีใจความว่า “ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน” จากการศึกษางานวิจัยพบว่า American Association for the Advancement of Science: AAAS (1990. Online); กาญจนามหาดี. (2553: 11-12); สสวท. (2545: 31-39) ได้สรุปและอธิบายองค์ประกอบของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ตรงกัน 3 ด้าน ดังนี้

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View)

การที่นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับการทำงานของพวกเขา โดยสิ่ง ที่พวกเขาทำเกี่ยวข้องกับธรรมชาติของโลกและวิธีการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของโลก

1.1 โลกคือสิ่งที่สามารถเข้าใจได้ (The world is understandable) หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นสามารถเข้าใจได้โดยการศึกษาอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าการใช้สติปัญญา และ เครื่องมือจะช่วยทำให้ผู้คนสามารถค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific ideas are subject to change) หมายถึง วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการการผลิตองค์ความรู้โดยการสังเกตปรากฏการณ์ และการสร้างทฤษฎีเพื่ออธิบายสิ่งต่างๆ ในสาขาของวิทยาศาสตร์การทดสอบและการปรับปรุงทฤษฎี เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา นักวิทยาศาสตร์คิดว่าถึงแม้จะไม่มีวิธีการเข้าถึงความจริงที่สัมบูรณ์ (Absolute True) แต่การเพิ่มความสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการแม่นยำที่สุดจำเป็นต่อการเข้าใจโลกให้มากขึ้น

1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน (Scientific knowledge is durable) หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ถึงแม้จะปฏิเสธการเข้าถึงความจริงที่สัมบูรณ์และยอมรับความไม่แน่นอนว่า เป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความคงทน (Durable) การ เปลี่ยนแปลงความคิดมากกว่าการปฏิเสธโดยทันทีจะทำให้วิทยาศาสตร์เกิดโครงสร้างที่แน่นอน ถูกต้องแม่นยำและเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางมากขึ้น

1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม (Science can't provide complete answers to all questions) หมายถึง หลายสิ่งบนโลกที่ไม่สามารถพิสูจน์หรือตรวจสอบได้ โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะความเชื่อเกี่ยวกับจิตวิญญาณหรือสิ่งลึกลับ สิ่งเหนือธรรมชาติ และยังมีคนบางกลุ่มที่มีความเชื่อเฉพาะตนและปฏิเสธวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เช่น เชื่อเรื่องปาฏิหาริย์

(Miracle) สิ่งเหนือธรรมชาติ (Superstition) การทำนายโชคชะตา (Fortune-telling) หรือโหราศาสตร์ (Astrology) เป็นต้น

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

วิทยาศาสตร์ในแขนงต่างๆ มีการใช้หลักฐาน สมมติฐาน ทฤษฎีพื้นฐาน หลักการและเหตุผล นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นที่ต่างกันออกไปในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และมีวิธีการศึกษาค้นคว้าที่ต่างกันออกไป การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงไม่ได้อาศัยการสังเกตเพียงแค่ครั้งเดียว และไม่มีวิธีการที่แน่นอนตายตัว และไม่สามารถแน่ใจได้ว่าวิธีการต่างๆ จะถูกต้องเสมอ วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการสืบเสาะหาความรู้ แม้ว่าลักษณะดังกล่าวจะเป็นลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ แต่ทุกคนก็สามารถฝึกคิด ฝึกการทำงานอย่างเป็นระบบและสนใจในเรื่องราวในชีวิตประจำวันได้

2.1 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Science demands evidence) หมายถึงความน่าเชื่อถือของความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือข้อสรุปขึ้นอยู่กับการอ้างอิงหลักฐานที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยนักวิทยาศาสตร์ให้ความใส่ใจที่จะทำให้ข้อมูลถูกต้องโดยอาศัยหลักฐานที่ได้จากการสังเกตและการวัดจากสถานการณ์จริง นักวิทยาศาสตร์จะใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกต ใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น กล้องจุลทรรศน์เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการรับรู้สิ่งต่างๆ ผ่านประสาทสัมผัสมากขึ้น และยังต้องใช้ความอดทนและใช้เวลา เช่น การเกิดแผ่นดินไหว การอพยพย้ายถิ่นของนก การเก็บสะสมหินและเปลือกหอย ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์สามารถควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้อย่างรอบคอบและแม่นยำเพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐาน เช่น การควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารเคมี การจับคู่กันของสิ่งมีชีวิต เป็นต้น แต่ในบางครั้งนักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์หรือตัวแปรได้ เช่น การศึกษาเรื่องดวงดาว การศึกษาเกี่ยวกับคน การศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ที่อาจทำให้เกิดการบิดเบือนทางธรรมชาติ ซึ่งจากการสังเกตสิ่งเหล่านี้อาจได้ข้อมูลที่ไม่ตรงตามความเป็นจริง ในกรณีเช่นนี้การสังเกตธรรมชาติจึงต้องทำในช่วงที่กว้างมากพอที่ทำให้เกิดเงื่อนไขต่างๆ อันเนื่องมาจากอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ทั้งนี้ความเชื่อในหลักฐานทำให้นักวิทยาศาสตร์ต้องพยายามพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคที่ดีขึ้นเพื่อใช้ในการสังเกต และการค้นพบสิ่งต่างๆ ของผู้วิจัยจะต้องได้รับการตรวจสอบหลักฐานจากบุคคลอื่นและได้รับการยอมรับจากหลักฐานที่น่ามาอ้างอิง

2.2 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลและจินตนาการ (Science is a blend of logic and imagination) จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกนำมาใช้เพื่อการตั้งสมมติฐานและทฤษฎี ซึ่งเป็นการผสมผสานกับความรู้ที่มาจากหลักการและเหตุผล โดยจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อโต้แย้งที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักเกณฑ์ที่แน่นอนในการอ้างอิง บางครั้งข้อสรุปนั้นอาจไม่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือและยอมรับในหลักการและเหตุผลที่

เชื่อมโยงกับหลักฐานและข้อสรุปที่สร้างขึ้น งานของนักวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่การสร้างข้อมูลหรือทฤษฎีใหม่เท่านั้น แต่ต้องพัฒนาสมมติฐานให้ใช้ได้อย่างแพร่หลายในการศึกษาข้อมูลและตีความหมายของข้อมูลที่มีอยู่ การกำหนดสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐานถือเป็นกิจกรรมหลักของนักวิทยาศาสตร์ สมมติฐานควรแนะนำหลักฐานที่มาสันนิษฐานและหลักฐานที่จะนำมาลบล้างสมมติฐานที่ยังไม่สามารถทดสอบได้ถือเป็นเรื่องที่น่าสนใจ แต่ก็ดูเหมือนจะไม่มีประโยชน์ในทางวิทยาศาสตร์ การใช้เหตุผลและการตรวจสอบสมมติฐานเป็นสิ่งที่สำคัญแต่ไม่เพียงพอในทางวิทยาศาสตร์ หลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดโดยอัตโนมัติจากข้อมูล หรือการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์เท่านั้น แต่การสร้างสมมติฐานหรือทฤษฎีขึ้นมานั้นเพื่อให้เกิดการจินตนาการถึงกระบวนการต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในโลกและนำมาเขียนอธิบายผลงานอย่างสร้างสรรค์ จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาใช้ในการอธิบายและให้ความหมายของสิ่งที่ค้นพบ

2.3 วิทยาศาสตร์สามารถที่จะอธิบายและทำนาย (Science explains and predicts) หมายถึง นักวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจในการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติและสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องและเป็นที่ยอมรับ การอธิบายหลักการหรือทฤษฎีนั้นมีทั้งขอบเขตที่กว้างและขอบเขตที่จำกัด แต่หลักการหรือทฤษฎีเหล่านั้นจะต้องอธิบายโดยใช้หลักการ เหตุผล ความน่าเชื่อถือของกฎ หลักการ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์พิสูจน์ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ทฤษฎีการเคลื่อนตัวของแผ่นทวีปได้รับความเชื่อถืออย่างมากเนื่องจากแสดงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น แผ่นดินไหว ภูเขาไฟ พอสซิลในทวีปต่างๆ รูปร่างของพื้นทวีปและพื้นมหาสมุทร เป็นต้น ในทางวิทยาศาสตร์การสังเกตถือเป็นสิ่งที่สำคัญแต่มันก็ไม่เพียงพอสำหรับการสร้างข้อมูลหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นอกจากใช้อธิบายสิ่งต่างๆ แล้วต้องสามารถทำนายเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นได้โดยไม่จำเป็นต้องเป็นเรื่องราวในอนาคตเท่านั้น การทำนายเรื่องราวในอดีตก็สามารถทำได้เช่นกันโดยจากหลักฐานที่เก็บสะสมมาได้ในปัจจุบัน เช่น ทฤษฎีการกำเนิดมนุษย์สามารถตรวจสอบได้จากการค้นพบฟอสซิลคล้ายมนุษย์ที่ยังเหลืออยู่ โดยวิธีการต่างๆ นี้ถือว่าจำเป็นต่อการฟื้นฟูเหตุการณ์ที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ของโลก

2.4 การหลีกเลี่ยงอคติของนักวิทยาศาสตร์ (Scientists try to identify and avoid bias) หมายถึง เมื่อมีการอ้างว่าบางอย่างถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์จะพิจารณาหลักฐานต่างๆ ที่นำมาสนับสนุน แต่การได้มาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์อาจจะมีอคติที่เกิดขึ้นในตอนเก็บข้อมูล การอธิบาย การรายงานผล การตีความ การเลือกพิจารณาข้อมูล เชื้อชาติ เพศ อายุ จริยธรรม นโยบายของรัฐ การเมือง เหล่านี้บางส่วนทำให้เกิดความลำเอียง อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์พยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดอคติที่มีอิทธิพลต่อหลักฐานที่มีอยู่ และพยายามหลีกเลี่ยงการมีอคติ แม้ว่า

จะทำได้ไม่สมบูรณ์แต่วิธีการหนึ่งในการป้องกันการเกิดอคติคือ การให้ผู้ศึกษาค้นคว้าหลายๆคนหรือกลุ่มผู้ศึกษาแตกต่างกันหลายๆ กลุ่มการทำงานที่ศึกษาในเรื่องเดียวกัน

2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ใช้การมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น (Science is not authoritarian) หมายถึง วิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับนับถือการมีอำนาจเหนือบุคคลอื่น (Authority) และเชื่อว่าไม่มีบุคคลใดหรือนักวิทยาศาสตร์คนใด ไม่ว่าจะมียศหรือตำแหน่งหน้าที่การงานสูงเพียงใดที่จะมีอำนาจตัดสินว่า อะไรคือความจริง หรือมีสิทธิพิเศษในการเข้าถึงความจริงมากกว่าคนอื่นๆ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบจะต้องพิสูจน์ตัวเองด้วยความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ดีกว่าแนวคิดที่มีอยู่เดิม

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise)

วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมในระดับบุคคล สังคมและองค์กร กิจกรรมวิทยาศาสตร์เป็นหนึ่งในลักษณะของโลกร่วมสมัยที่ทุกคนมีส่วนร่วมได้

3.1 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน (Science is complex social activity) หมายถึง กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับบุคคลและสาขาอื่นๆ ที่หลากหลาย มนุษย์มีส่วนร่วมในกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา บุคคลเหล่านั้นเช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักคณิตศาสตร์ แพทย์ ช่างเทคนิค นักเขียนโปรแกรม คอมพิวเตอร์ บรรณารักษ์ หรือบุคคลอื่นๆ ได้นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพื่อประกอบการทำงาน เฉพาะทาง พวกเขายังเกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูล การสร้างทฤษฎี การสร้างเครื่องมือและการติดต่อสื่อสาร กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์สะท้อนค่านิยมและมุมมองของสังคม และทิศทางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เป็นผลมาจากวัฒนธรรมภายในวิทยาศาสตร์ของสังคมนั้นๆ นักวิทยาศาสตร์เข้ามาทำงานในมหาวิทยาลัย โรงพยาบาล ธุรกิจ และอุตสาหกรรม หน่วยงานของรัฐบาล องค์กรอิสระและสมาคมวิทยาศาสตร์ต่างๆ โดยนักวิทยาศาสตร์อาจทำงานเพียงลำพังหรือกลุ่มเล็กๆ หรือเป็นกลุ่มวิจัยขนาดใหญ่ สถานที่ทำงานของนักวิทยาศาสตร์อาจเป็นห้องเรียน ห้องทำงาน ห้องปฏิบัติการทดลอง และงานภาคสนามในธรรมชาติตั้งแต่อวกาศจนถึงพื้นท้องมหาสมุทร ทั้งนี้การเผยแพร่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ถือว่ามีผลสำคัญต่อความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ โดยการเผยแพร่หรือตีพิมพ์งานของนักวิทยาศาสตร์จะทำให้ทราบการทำงานของพวกเขาและนำไปสู่การเปิดโอกาสให้คนอื่นวิจารณ์สู่การพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วโลก

3.2 วิทยาศาสตร์แตกเป็นแขนงสาขาต่างๆและมีการดำเนินการในหลายองค์กร (Science is Organized into content disciplines and is conducted in various institutions) หมายถึง วิทยาศาสตร์เป็นการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายของศาสตร์สาขาต่างๆที่มีความแตกต่างกัน เช่น การศึกษาเรื่องมานุษยวิทยา (Anthropology) ไปจนถึงสัตววิทยา (Zoology) ซึ่งจะพบว่ามีความ

สืบสาขาที่เกี่ยวข้อง การทำงานที่แยกออกเป็นสาขาต่างๆ มีประโยชน์ในการจัดโครงสร้างการทำงาน และการค้นพบ ไม่มีเส้นแบ่งหรือขอบเขตระหว่างสาขาต่างๆ โดยสิ้นเชิง เช่น ฟิสิกส์ดวงดาว (Astrophysics) หรือชีววิทยาสังคม (Sociobiology) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ดำเนินการในองค์กรต่างๆ ที่หลากหลาย เช่น ในมหาวิทยาลัย อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐบาล และองค์กรอิสระ แต่อาจมีจุดเน้นที่แตกต่างกันออกไป เช่น ในมหาวิทยาลัยจะเน้นเรื่องการแสวงหาความรู้และการศึกษาวิทยาศาสตร์ แต่ในส่วนธุรกิจอุตสาหกรรมมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3.3 การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ (There are generally accepted ethical principles in the conduct of science) หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ปฏิบัติตามบรรทัดฐานจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความซื่อสัตย์โปร่งใสในการเก็บข้อมูล บางครั้งความต้องการได้รับการยกย่องเป็นบุคคลแรกที่ค้นพบความรู้ใหม่อาจทำให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นที่ศึกษาในงานในแนวนี้อำนาจไปผิดทาง เช่น การบิดเบือนข้อมูลหรือข้อค้นพบ การปลอมแปลงข้อค้นพบ การกระทำเช่นนี้อาจถูกตำหนิอย่างรุนแรงจากประชาคมวิทยาศาสตร์และหน่วยงานกองทุนที่สนับสนุนการวิจัย รวมไปถึงการระงับอันตรายที่อาจเกิดจากการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หรือการนำความรู้ไปใช้ นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการแจ้งบุคคลที่เกี่ยวข้องให้ทราบถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น หรือแม้กระทั่งการใช้สัตว์ทดลอง หรือการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ที่ควรมียกเว้นและปฏิเสธการเข้าร่วมวิจัยได้

3.4 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมสาธารณะทั้งในฐานะที่เป็นผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง (Scientists participate in public affairs both as specialists and as citizens) หมายถึง นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการวิเคราะห์มาช่วยเหลือประชาชน หรือทำให้ประชาชนเข้าใจสาเหตุของเหตุการณ์ต่างๆ ที่เป็นประเด็นของสังคมที่เกิดขึ้นได้ เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติและเทคโนโลยี อีกทั้งยังประเมินผลกระทบของนโยบายของรัฐบาลที่กำหนดขึ้นได้ เช่น ผลกระทบทางนิเวศวิทยาในการทำเกษตรด้วยวิธีการต่างๆ เป็นต้น แต่นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถระบุหรือบอกสิ่งที่ถูกผิดกับเรื่องที่เกิดขึ้นบางประเด็นได้ โดยเฉพาะเรื่องราวที่เป็นที่สนใจของสังคมและเป็นเรื่องที่อยู่นอกเหนือความเชี่ยวชาญของนักวิทยาศาสตร์ ความคิดเห็นของนักวิทยาศาสตร์อาจไม่ได้น่าเชื่อถือเป็นพิเศษ นักวิทยาศาสตร์ในบางครั้งก็คือพลเมืองทั่วไปที่อาจมีอคติ ซึ่งอาจเกิดจากตัวบุคคล หน่วยงาน องค์กร ความสนใจและข้อผูกมัดต่างๆ หรือบางครั้งอาจเกิดจากความคิดเห็นที่คลาดเคลื่อนของตัวนักวิทยาศาสตร์เอง

ทั้งนี้ สุรยศ ทรัพย์ประกอบ (2553: 39-40) ได้เสนอกรอบแนวคิดธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความหมายของวิทยาศาสตร์ (ความหมายของวิทยาศาสตร์ ความแตกต่างของวิทยาศาสตร์กับสาขาอื่น)

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.1 ที่มาและความหมายของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความหมายของความรู้ทางวิทยาศาสตร์)

2.2 ชนิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์(กฎ หลักการ ทฤษฎี ความจริง แนวคิด)

2.3 ลักษณะขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 มีความชั่วคราวและเปลี่ยนแปลงได้ (ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้)

2.3.2 มีความคงทนต่อการพิสูจน์และเชื่อถือได้ (ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน)

2.3.3 สามารถใช้อธิบายและทำนายได้ (ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถใช้ในการอธิบายและทำนาย)

2.3.4 ต้องการหลักฐาน (ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการพยานและหลักฐาน)

2.3.5 มีข้อจำกัด (วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบได้กับทุกเรื่อง)

3. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.1 วิธีการในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (เช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความบังเอิญ การต่อยอดความรู้)

3.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นลำดับขั้นตอน (กระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถข้ามขั้นตอนและทำกลับไปกลับมาได้)

3.3 การใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ (การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมาประกอบ)

3.4 การใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

4. ลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

4.1 คุณสมบัติของนักวิทยาศาสตร์ (ความอยากรู้อยากเห็น ความอดทน ความมีเหตุผล ความซื่อสัตย์ ความรอบคอบและการมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น)

4.2 บทบาทของนักวิทยาศาสตร์ (นักวิทยาศาสตร์มีหลายบทบาทในสังคม)

4.3 การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (นักวิทยาศาสตร์ทำงานร่วมกับผู้อื่น)

4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อนักวิทยาศาสตร์ (การยึดถือทฤษฎีในการลงความเห็น)

4.5 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (ความซื่อสัตย์ ความใจกว้าง)

5. กิจการทางวิทยาศาสตร์

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

5.1.1 ความหมายของเทคโนโลยี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่ใช่สิ่งเดียวกัน)

5.1.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความสัมพันธ์กัน)

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม

5.2.1 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมวัฒนธรรมและการเมือง (สังคม วัฒนธรรม และการเมืองเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์)

5.2.2 วิทยาศาสตร์มีการดำเนินการในสถาบันต่างๆ (ทุกองค์กรมีการนำวิทยาศาสตร์ไปใช้)

5.2.3 วิทยาศาสตร์กับจริยธรรม (จริยธรรม ความถูกต้องในการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์)

และนอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูและนักเรียนทั้งของต่างประเทศและในประเทศไทย ซึ่งผู้วิจัยหลายท่านได้กำหนดขอบข่ายของธรรมชาติโดยมีความเหมือนและแตกต่างกัน ดังตาราง 2 และ 3

ตาราง 2 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยต่างประเทศ

ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย				
	Khishfe (2008: 470-496)	Irez (2009: 422-447)	Kathleen; Schen; & Lei Bao (2012: 1-9)	Lederman; et al. (2002: 497-521)	Sun Young Kim; & Karen E.Irving (2010: 187-215)
-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓	✓	✓	✓	✓
-กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์		✓		✓	
-วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ต้องการหลักฐาน	✓	✓		✓	✓
-วิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์	✓	✓	✓	✓	✓
-ความรู้วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่ใช้ในการลงความเห็น (Theory laden)		✓	✓	✓	✓
-วิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี	✓	✓		✓	
-วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอน		✓			
-วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรมและสังคมวัฒนธรรมเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ คือ ประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยดังกล่าว

ที่มา ปรับปรุงจาก: สุรยศ ทรัพย์ประกอบ. (2553: 33-34)

ตาราง 3 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยในประเทศไทย

ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย					
	กาญจนา มหาลี. (2553: 71-134)	ขวัญฤทัย เที่ยงจันทร์ทิพย์. (2553: 84)	พฤตพร ลิดตานักษ์; และชาตรี ฝ้ายคำตา. (2554: 223-254)	สุทธิดา จำรัส; และคณะ. (2552: 34-40)	สิรินภา กิจเกื้อกูล; และคณะ. (2548: 133-145)	สุรยศ ทรัพย์ประกอบ. (2553: 66-71)
-โลกเป็นสิ่งที่สามารถเข้าใจได้	✓					
-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓	✓		✓	✓	✓
-กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์			✓	✓		✓
-ความหมายของวิทยาศาสตร์			✓			✓
-นักวิทยาศาสตร์ทำงานร่วมกับประชาคมนักวิทยาศาสตร์ เพื่อหา คำอธิบายที่ดีที่สุด			✓		✓	✓
-วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบได้กับทุกเรื่อง	✓					✓
-วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและการตรวจสอบได้	✓	✓	✓	✓	✓	✓
-วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย			✓			✓
-วิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	✓		✓	✓	✓	✓
-วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอน			✓			✓
-การสังเกตและลงข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์				✓	✓	
-วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี				✓		✓

ตาราง 3 (ต่อ)

ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์	ผู้วิจัย					
	กาญจนา มหาสี. (2553: 71-134)	ขวัญฤทัย เที่ยงจันทร์ทิพย์. (2553: 84)	พฤตพร ลลิตานุรักษ์; และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2554: 223-254)	สุทธิดา จำรัส; และคณะ. (2552: 34-40)	สิรินภา กิจเกื้อกูล; และคณะ. (2548: 133-145)	สุรยศ ทรัพย์ประกอบ. (2553: 66-71)
-วิทยาศาสตร์มีหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน	✓		✓			✓
-นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะหลีกเลี่ยงอคติ	✓		✓			✓
-นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะเป็น ผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง		✓				✓
-ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	✓	✓	✓	✓		✓
-วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน	✓	✓	✓		✓	✓
-ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์				✓		✓
-แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์			✓			✓

หมายเหตุ ✓ คือ ประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยดังกล่าว

ที่มา ปรับปรุงจาก: สุรยศ ทรัพย์ประกอบ. (2553: 33-34)

จากตาราง 2 สรุปได้ว่าขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยต่างประเทศที่พบมากที่สุดมี 3 ประเด็นคือ

- 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- 2) วิทยาศาสตร์เป็นการต้องใช้ จินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์
- 3) วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรมและสังคมวัฒนธรรมเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์

ส่วนขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบรองลงมามี 2 ประเด็นคือ 1) วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ต้องการหลักฐาน และ 2) ความรู้วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่ใช้ในการลงความเห็น และขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบมากเป็นลำดับ 3 คือ วิธีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี

จากตาราง 3 สรุปได้ว่าขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัยต่างประเทศที่พบมากที่สุดคือ วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานและการตรวจสอบได้ ส่วนขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบรองลงมามี 4 ประเด็นคือ

- 1) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- 2) วิทยาศาสตร์ต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์
- 3) ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 4) วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน

ส่วนขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบมากเป็นลำดับ 3 มี 4 ประเด็นคือ 1) นักวิทยาศาสตร์ทำงานร่วมกับประชาคมนักวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำอธิบายที่ดีที่สุด 2) วิทยาศาสตร์มีหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน 3) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะหลีกเลี่ยงอคติ และ 4) กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้งในและต่างประเทศที่กล่าวไว้เบื้องต้น ผู้วิจัยจึงได้สังเคราะห์ขอบข่ายการศึกษารวมชาติวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ ได้ 3 ด้าน ดังนี้

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View)

1.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.2.1 ชนิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.2.1.1 กฎ ทฤษฎี ข้อเท็จจริง แบบจำลอง หลักการ แนวคิด

1.2.2 ลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1.2.2.1 โลกคือสิ่งที่สามารถเข้าใจได้

- 1.2.2.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทน
- 1.2.2.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- 1.2.2.4 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
- 1.2.2.5 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม
- 1.2.2.6 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและทำนาย

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

2.1 วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

- 2.1.1 การสังเกตและการลงข้อสรุป
- 2.1.2 วิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์
- 2.1.3 วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี
- 2.1.4 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับขั้นตอน

2.2 ลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

- 2.2.1 นักวิทยาศาสตร์พยายามหลีกเลี่ยงความอคติในการสืบเสาะและสร้างความรู้
- 2.2.2 นักวิทยาศาสตร์ทำงานร่วมกับประชาคมนักวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำอธิบายที่ดี

- 2.2.3 นักวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากทฤษฎีที่ใช้ในการลงความเห็น

3. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise)

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม

- 3.1.1 วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน
- 3.1.2 วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรมและสังคมวัฒนธรรมเป็น

ส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์

- 3.1.3 วิทยาศาสตร์มีหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน
- 3.1.4 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญและ

พลเมือง

3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

- 3.2.1 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่ใช่สิ่งเดียวกันแต่มีความสัมพันธ์กัน
- 3.2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม

1.3 ความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อมนุษย์และโลกในยุคปัจจุบัน วิทยาศาสตร์เป็นองค์ความรู้ที่ทำให้มนุษย์เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ และใช้เหตุผลอย่างมีระบบ การศึกษาวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญของการพัฒนามนุษย์ เป้าหมายหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันคือให้นักเรียนทุกคนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งเป็นการที่บุคคลเข้าใจในแง่มุมต่างๆ ของวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ การเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ไม่ได้หมายถึงการเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร ทำงานอย่างไร และวิทยาศาสตร์ส่งผลกระทบและมีผลอย่างไรกับโลก วิธีการหนึ่งที่จะทำให้ผู้ที่ศึกษาวิทยาศาสตร์จะเข้าใจในแง่มุมต่างๆ ของวิทยาศาสตร์และสร้างความเข้าใจในความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้คือการสอนความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) (AAAS. 1900. Online; Lederman. 1992: 331-359; Lonsbury; & Ellis. 2002: 1-7)

แมคคอม (McComas. 1998: 7-15) ได้ระบุความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เข้าใจในบทเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้น โดยผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่อาจให้ความจริงที่สมบูรณ์กับทุกคำถาม เช่น การศึกษาเรื่อง Thermodynamics ที่เป็นการศึกษาความสัมพันธ์เกี่ยวกับ ความร้อน อุณหภูมิ งาน และพลังงาน ครอบคลุมถึงกระบวนการการเปลี่ยนแปลงมหาศาล ทั้งสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต ทั้งในโลกตลอดจนทั้งจักรวาล

2. การเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์จะทำให้เข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น เช่น วิทยาศาสตร์คืออะไร การเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีข้อจำกัด วิธีการสร้างองค์ความรู้ กฎ ทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. การเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้เกิดความสนใจในวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ การสอนวิทยาศาสตร์ไม่ใช่เพียงให้ผู้เรียนรู้หลักการหรือเนื้อหาของวิทยาศาสตร์เท่านั้นแต่ธรรมชาติวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจถึงกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะทำให้วิทยาศาสตร์มีความน่าสนใจมากขึ้น

4. ธรรมชาติวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้เกิดการอภิปรายโต้เถียงกันเช่นงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่พาดพิงถึงงบประมาณเงินทุนของรัฐบาลหรือนโยบายของรัฐบาล การถกเถียงอภิปรายในเรื่องของวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่นำไปสู่แนวความคิดที่หลากหลาย และพัฒนาทักษะการคิดทางวิทยาศาสตร์

5. ธรรมชาติวิทยาสาสตร์สนับสนุนการเรียนการสอน โดยธรรมชาติวิทยาสาสตร์ส่งเสริมให้ครูปรับรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ ทำให้ครูเข้าใจนักเรียนที่มีความคิดเห็นต่างในวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแนวความคิดทางเลือกมากกว่าเป็นการเข้าใจผิด ทั้งนี้ธรรมชาติวิทยาสตรียังช่วยให้ครูเข้าใจจิตวิทยาการเรียนรู้ของเด็กมากยิ่งขึ้น ครูที่มีความเข้าใจต่อธรรมชาติวิทยาสาสตร์ที่ถูกต้องมีแนวโน้มที่จะจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้

ด้วยเหตุนี้ทำให้นานาชาติต่างให้ความสำคัญของการศึกษาธรรมชาติวิทยาสาสตร์เช่นในประเทศสหรัฐอเมริกา โดย American Association for the Advancement of Science: AAAS (1990. Online) ได้ระบุธรรมชาติวิทยาสาสตร์ในเอกสาร Science for all American ว่าความเข้าใจธรรมชาติวิทยาสาสตร์ที่ถูกต้องเป็นคุณลักษณะประการหนึ่งของการเป็นผู้รู้ (scientifically literate persons) ในรัฐอัลเบอร์ตา ประเทศแคนาดา (บริณดา ลิมปานนท์. 2547: 49-50) มีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาข้อหนึ่งว่า “นักเรียนจะต้องพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริบททางสังคมและสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” นอกจากนี้ National Science Teachers Association: NSTA (2003. Online) ได้กำหนดมาตรฐานครูวิทยาศาสตร์ว่า “ครูวิทยาศาสตร์ต้องมีความเข้าใจในหลักการ เครื่องมือในการแสวงหาความรู้ ประวัติศาสตร์การค้นพบวิทยาศาสตร์ และธรรมชาติวิทยาสาสตร์ ในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่สำคัญต่อมุมมองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน”

สำหรับประเทศไทยธรรมชาติวิทยาสาสตร์ได้มีการระบุไว้เป็นส่วนหนึ่งในมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยกระทรวงศึกษาธิการ (2551: 15) สาระที่ 8: ธรรมชาติวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ซึ่งมีใจความว่า “ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน” และมีงานวิจัยในประเทศจำนวนไม่น้อยที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาสาสตร์ทั้งครูและนักเรียน (กาญจนา มหาลี. 2553: 135-145; ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553: 115-117; ลือชา ลดาชาติ; และ ฤฎาภา สุทธกุล. 2555: 73-90; สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และ พรทิพย์ ไชยโส. 2552: 34-40) แต่ผลการศึกษาก็ยังพบว่าทั้งครูและนักเรียนต่างมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการบูรณาการธรรมชาติวิทยาสาสตร์เข้าไปในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้ครูและนักเรียนเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมลักษณะของผู้รู้วิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

1.4 ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การศึกษาและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นที่สนใจอย่างมาก ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่มีมาต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ทั้งนี้พบว่านักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา มีความคลาดเคลื่อนในประเด็นต่างๆ ดังนี้

คริสเฟอร์และแอตเอลคาลิก (Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ใน 4 ประเด็น คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน การลงข้อสรุป และความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนเกรด 6 พบว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบเป็นนัยไม่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็นมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบความคลาดเคลื่อนของนักเรียนในประเด็นความรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้ในงานวิจัยอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก (Schwartz; et al. 2004: 610-645; Kim Byoung-Sug; & McKinney. 2007: 20-25; Khishfe. 2008: 470-496; สิริินภา กิจเกื้อกูล 2548: 133-145; กาญจนามหาดี; และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2553: 795-809; ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล; 2555: 73-90) คิมยองซุกและแมคคินนี (Kim Byoung-Sug; & McKinney. 2007: 20-25) ได้ศึกษาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7 เรื่องสสารและสิ่งมีชีวิต โดยให้นักเรียนอ่านบทความที่ว่าด้วยเรื่องของมนุษย์ต่างดาวมายังโลกเพื่อนค้นหาสิ่งมีชีวิต แต่มนุษย์ต่างดาวเองก็ไม่แน่ใจว่าจะอะไรคือสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต กิจกรรมดำเนินไปด้วยการสอนแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผลวิจัยพบว่านักเรียนบางคนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 2 ประเด็นคือ ความรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้และการสังเกตและการลงข้อสรุป โดยนักเรียนไม่สามารถบอกความสัมพันธ์และความแตกต่างของการสังเกตและการลงข้อสรุปได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของนักวิจัยคนอื่นๆ ด้วยเช่นกัน (Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578; Khishfe. 2008: 470-496; อังคณา ปัทมพงศา; พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ; และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2555: 63-70)

สำหรับในประเทศไทยมีงานวิจัยที่สำรวจและพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในนักเรียนมีการศึกษาอยู่ต่อเนื่อง แต่ทั้งนี้ยังพบว่านักเรียนยังคงมีความคลาดเคลื่อนในประเด็นต่างๆ อยู่เสมอ (สิริินภา กิจเกื้อกูล. 2548: 133-145; สุทธิดา จำรัส; และ คณะ. 2553: 34-40; กาญจนามหาดี; และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2553: 795-809; ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. 2555: 73-90; อังคณา ปัทมพงศา; พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ; และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2555: 63-70) จากการศึกษา งานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวกับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังตาราง 4 และ 5 ดังนี้

ตาราง 4 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัยต่างประเทศ

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนใน ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ผู้วิจัย			
	Khishfe; & Abd-El-Khalick. (2002: 551-578)	Schwartz; et al. 2004: 610-645.	Kim Byoung-Sug; & McKinney. (2007: 20-25)	Khishfe. 2008: (470-496)
-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓	✓	✓	✓
-ปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆไม่สามารถทำความเข้าใจและอธิบายได้ เพราะทุกอย่างเป็นไปตามธรรมชาติและยากจะอธิบาย	✓			
-วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ต้องการหลักฐานโดยหลักฐานนั้นมาจากการทดลอง สามารถอธิบายและตรวจสอบได้		✓		✓
-วิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์	✓	✓		✓
-นักเรียนไม่สามารถแยกแยะการสังเกตและการลงความเห็นได้	✓		✓	✓
-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความรอบคอบไม่มีอคติและความลำเอียง เพราะวิทยาศาสตร์มีการทดลองที่รอบคอบเคร่งครัด		✓		
-การไม่เข้าใจและความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์		✓		

หมายเหตุ ✓ คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่พบในงานวิจัยดังกล่าว

ตาราง 5 ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในงานวิจัยใน

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนใน ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	ผู้วิจัย				
	สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2548: 133-145)	สุทธิดาจารย์ส; และคณะ. (2552: 34-40)	กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ้ายคำตา. (2553: 795-809)	ลือชา ลดาชาติ และลฎาภา สุทธกุล . (2555: 73-90)	อังคณา ปัทพงศา; และคณะ. (2555: 63-70)
-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓		✓	✓	
-ปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ ไม่สามารถทำความเข้าใจและอธิบายได้ เพราะทุกอย่างเป็นไปตามธรรมชาติและยากจะอธิบาย			✓		
-วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ต้องการหลักฐานโดยหลักฐานนั้นมาจากการทดลองสามารถอธิบายและตรวจสอบได้	✓	✓	✓	✓	
-วิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์				✓	✓
-นักเรียนไม่สามารถแยกแยะการสังเกตและการลงความเห็นได้					✓
-วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์			✓		✓
-การไม่เข้าใจและความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์		✓			✓
-สังคมวัฒนธรรมไม่มีผลต่อวิทยาศาสตร์เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสากล	✓	✓	✓		
-ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี			✓		
-วิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงคุณธรรมและจริยธรรม			✓		

หมายเหตุ ✓ คือ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่พบในงานวิจัยดังกล่าว

ทั้งนี้จากตาราง 4 และ 5 สามารถสรุปได้ว่าความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่พบมากที่สุด คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ รองลงมา คือ วิทยาศาสตร์เป็นความรู้เชิงประจักษ์ ต้องการหลักฐานโดยหลักฐานนั้นมาจากการทดลองสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ และลำดับ 3 คือ วิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

1.5 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ถือเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (AAAS. 1990. Online; Lederman.1992: 331-359; Lonsbury; & Ellis. 2002: 1-20) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่นักการศึกษาให้ความสนใจและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง สำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี ดังนี้

1.5.1 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้ให้ความสนใจการค้นคว้าวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Historical-base approach)

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ การใช้เนื้อหาที่เกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์หรือในการเรียนการสอนภายในห้องเรียน โดยเชื่อว่าวิธีการนี้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095; David; et al. 2013: 1-31 ; Eleni; & Dimitris. 2011: 943-960; Lonsbury; & Ellis. 2002: 3-12) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ทำให้เข้าใจพื้นฐานของวิธีการสืบเสาะหาความรู้และลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสนับสนุนให้นักเรียนกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นที่สร้างสรรค์เกี่ยวกับประวัติศาสตร์การค้นพบที่ผ่านมาแล้วโดยไม่ต้องกลัวว่าจะเป็นคำตอบหรือความคิดที่ผิด (McComas. 1998: 177-196)

แมททิวส์ (Lonsbury and Ellis. 2002: 8 อ้างอิงจาก Matthews. 1994. *In defense of modest goals when teaching about the nature of science.*) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้ประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ประวัติศาสตร์ช่วยสนับสนุนความเข้าใจ มโนทัศน์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์
2. วิธีการสอนผ่านประวัติศาสตร์การค้นพบช่วยเชื่อมโยงการพัฒนาความคิดของแต่ละบุคคลไปสู่แนวความคิดทางวิทยาศาสตร์
3. ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์มีคุณค่าในตัวเอง ความสำคัญมีอยู่ในวิทยาศาสตร์และวัฒนธรรม เช่น การค้นพบยาปฏิชีวนะ การปฏิวัติวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีชาร์ล ดาร์วิน และเรื่องอื่นๆ ที่คุ้นเคย
4. ประวัติศาสตร์มีความจำเป็นต่อการเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
5. ประวัติศาสตร์จะช่วยลบล้างแนวความเชื่อที่ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่ดีที่สุด และยึดถือความคิดของตนเป็นหลัก (scientism and dogmatism) ซึ่งจะพบได้ในตำราวิทยาศาสตร์และในห้องเรียนวิทยาศาสตร์
6. ประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้เห็นตัวอย่างชีวิตและบุคลิกของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน ซึ่งจะทำให้เรื่องของวิทยาศาสตร์มีความเป็นนามธรรมน้อยลงและน่าสนใจมากขึ้น
7. ประวัติศาสตร์ช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ภายในหัวข้อแต่ละสาขาวิชาของวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดลักษณะบูรณาการ ฟังพากันและกันของความสำเร็จของมนุษย์

แต่อย่างไรก็ตาม แอดเอลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095) ให้ความเห็นว่าการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้น้อย ทั้งนี้ในงานวิจัยของพวกเขาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่เข้าร่วมในหลักสูตร HOS (History of science) ใน 3 หลักสูตร มีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์น้อยมาก และมีบางหลักสูตรที่ไม่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้เลย นักวิจัยให้เหตุผลว่าวิธีการสอนดังกล่าวสามารถสอนได้บางประเด็นเท่านั้น ไม่สามารถสอนได้ครบทุกเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ และยากต่อการเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดภายในตัวของผู้เรียน ผู้เรียนไม่สามารถรับรู้และเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจนเพราะผู้เรียนยังยึดติดในกรอบแนวคิดของตนและความรู้ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน นักวิจัยให้ความเห็นว่าการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit approach) ควรควบคู่ไปกับการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยเน้นให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากขึ้น สามารถช่วยให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์เรื่องราวของประวัติศาสตร์ทาง วิทยาศาสตร์โดยรู้จักประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเข้าใจ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดของผู้เรียน ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของอลินและดิมิทริส (Eleni; & Dimitris. 2011: 943-960) ได้พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้ง

โดยหยิบยกเรื่องประวัติการทดลองหยดน้ำมันของมิลิกานในการหาค่าประจุของอิเล็กตรอน วิธีการสอนนี้ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ 4 ประเด็น คือ บทบาทของหลักฐานหรือข้อมูลในการโต้แย้ง ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ และความจริงที่มีอยู่ในธรรมชาติในการนำมาสร้างทฤษฎี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปปัจจัยที่ทำให้วิธีการสอนนี้มีประสิทธิภาพคือ 1) พวกเขาให้นักเรียนบันทึกผลที่ตรงกันในเรื่องทางวิทยาศาสตร์กับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 2) ประวัติศาสตร์เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการอภิปรายและการโต้แย้งของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้วัตถุประสงค์ของการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จะให้นักเรียนได้เห็นกระบวนการที่เป็นสากลและเป็นการแนะแนวทางการค้นพบความรู้ใหม่และความสัมพันธ์ของการทดลอง 3) ประวัติศาสตร์ดังกล่าวพวกเขาทำให้เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีคำถามที่น่าสนใจเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์การใช้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ร่วมในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์หรือในการเรียนการสอนภายในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านการศึกษาเรื่องราวการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการค้นพบและสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุนให้นักเรียนเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีการสอนนี้เหมาะสำหรับเนื้อหาวิทยาศาสตร์บางประเด็นและช่วยส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้บางประเด็นเท่านั้น จึงควรมีการสอนควบคู่กับการสอนแบบชัดแจ้งเพื่อเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจในประเด็นต่างๆ ของธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์เรื่องราวของประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์โดยรู้จักประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเข้าใจ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดของผู้เรียน

2. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit Approach)

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อว่าการที่ผู้เรียนเรียนรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานแล้วนั้นจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองจากลักษณะเฉพาะของกิจกรรมดังกล่าว แต่นักการศึกษาหลายท่านให้ความเห็นว่าการสอนแบบเป็นนัยไม่สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้ขาดการตอบโต้ที่ชัดเจนของผู้เรียนในประเด็นที่เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ไม่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนความเข้าใจของตนเอง (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095; โดยงานวิจัยของคริสเฟอร์และแอตเอลคาสิก (Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578) ได้ศึกษา

เปรียบเทียบวิธีการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยกับแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ ในขณะที่การสอนแบบเป็นนัยไม่มีผลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย เป็นการสอนโดยผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานโดยสอดแทรกธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในกิจกรรม นักเรียนจะเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการดังกล่าว ซึ่งวิธีนี้ส่งผลต่อความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้น้อยหรือไม่ส่งผลเลย

3. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit-Reflective Approach)

การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผนวกรวมการสอนแบบชัดแจ้ง (Explicit teaching) และการสะท้อนความคิด (Reflective thinking) ไว้ด้วยกัน เมื่อมองในมุมมองของการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาทางด้านนี้ให้ความหมายของคำว่า “Explicit” หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนให้กับผู้เรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ที่ให้ความสำคัญกับประเด็นต่างๆ ของธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน เช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-base Approach) และประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีการวางแผน การจัดการเรียนรู้และกำหนดจุดประสงค์ในประเด็นที่เกี่ยวกับการพัฒนา มุมมองของธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน และมีการประเมินผลตรงตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ และคำว่า “Reflective” หมายถึง การสะท้อนความคิดของผู้เรียนเกี่ยวกับมุมมองของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการอภิปรายสะท้อนความคิดเห็น การตอบคำถามหรือการสะท้อนความคิดผ่านการเขียน ระหว่างหรือหลังการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095; David; & Eric. 2009: 561-580; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578; Schwartz; et al. 2004: 610-645) ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงขอลำรายละเอียดของวิธีการทั้งสอง ดังนี้

การสอนแบบชัดแจ้ง (Explicit teaching)

การสอนแบบชัดแจ้ง คือการสอนโดยกำหนดขั้นตอนการสอนไว้ชัดเจน ระบุพฤติกรรม การสอนของครูและพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนไว้อย่างละเอียด ซึ่งครูผู้สอนสามารถศึกษาและฝึกฝนทดลองใช้รูปแบบวิธีสอนได้ด้วยตนเองและเนื่องจากเป็นวิธีสอนที่เน้นการ เข้าใจจริงและการฝึกจนเกิดทักษะ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความมั่นใจ เกิดความคงทนของการเรียนรู้

สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานการศึกษาในระดับสูงขึ้นได้ดี สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็นแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการสอน 6 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (วัชรวิภา เล่าเรียนดี. 2547: 51-55)

ขั้นตอนที่ 1 การทบทวนประจำวันและตรวจการบ้านมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่และครูอาจซักถามเพิ่มเติม สอนใหม่เมื่อจำเป็นในเนื้อหา ที่สำคัญ ๆ และฝึกปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 2 การนำเสนอสาระความรู้มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ แจก จุดประสงค์การเรียนรู้สั้น ๆ แต่เข้าใจง่าย เสนอโครงสร้างและภาพรวมของสาระความรู้ เริ่มสอนเนื้อหา ที่ละน้อยทีละขั้น ซักถามนักเรียนเพื่อเป็นการตรวจสอบความเข้าใจ เน้นประเด็นที่สำคัญให้นักเรียน ทราบอธิบายให้ตัวอย่าง อย่างชัดเจน สาธิตและทำแบบให้ดู อธิบายรายละเอียดและยกตัวอย่าง ประกอบประเด็นเนื้อหาที่สำคัญ

ขั้นตอนที่ 3 การปฏิบัติโดยการคอยแนะนำ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ การ ฝึกนักเรียนในระยะแรกครูควรคอยช่วยเหลือแนะนำโดยตลอด มีการซักถามนักเรียนบ่อย ๆ ถาม คำถามให้มากเพื่อให้นักเรียนตอบและได้ฝึกอย่างเพียงพอ คำถามที่ถามควรเกี่ยวข้องกับเนื้อหาใหม่ หรือทักษะใหม่ครูตรวจสอบความเข้าใจ โดยการประเมินจากคำตอบของนักเรียน ระหว่างตรวจสอบ ความเข้าใจ ครูจะให้คำอธิบายเพิ่มเติม โดยให้ข้อมูลย้อนกลับหรืออธิบายซ้ำ (ถ้าจำเป็น) และนักเรียน มีการตอบสนองและให้ข้อมูลย้อนกลับ ครูควรแน่ใจว่านักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้แก้ไขในทันที การให้ข้อมูลย้อนกลับควรดำเนินการในระหว่างฝึกในตอนต้นให้ฝึกในตอนแรก โดยมีครูคอยแนะนำควรจะทำพอเพื่อให้นักเรียนสามารถปฏิบัติเองได้โดยลำพังการฝึกปฏิบัติโดยครู คอยแนะนำ โดยควรจะทำอย่างต่อเนื่องจนกว่านักเรียนชำนาญ จนถึงเกณฑ์ที่นักเรียนทำได้ 80 % ใน ขั้นตอนนี้มีข้อเสนอแนะในการตรวจสอบความเข้าใจ เพื่อจะได้แก้ไขความผิดพลาด ความบกพร่อง คือ เตรียมคำถามไว้ล่วงหน้าให้มาก เพื่อถามให้นักเรียนตอบอย่างทั่วถึงและคำตอบที่ได้ควรเป็นคำตอบที่ ตรงประเด็นสำคัญ หรือตรงตามในเรื่องหรือทักษะที่จะสอน ให้นักเรียนสรุปกฎหรือกระบวนการด้วย ตนเอง ให้นักเรียนตอบโดยเขียนคำตอบในสมุด ทำแบบเรียนหลังจากการสอน ครูควรให้นักเรียนเขียน สาระสำคัญ ประเด็นสำคัญและสรุปประเด็นสำคัญลงสมุดดังนั้นการตรวจสอบความเข้าใจจึงมี ความสำคัญและจำเป็นเพื่อเป็นการทบทวนเนื้อหาสาระที่เรียนผ่านมาและเป็นการย้ำเพื่อความเข้าใจ ของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไขให้ถูกต้องและการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีข้อเสนอแนะในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ คือ คำตอบที่ถูกต้องรวดเร็วและแน่ใจของนักเรียนครูควรรับรู้ และตอบรับสั้น ๆ เช่น ครูควรถามคำถามอื่น ๆ อีกหรือชมเชยสำหรับคำตอบที่ถูกต้อง คำตอบที่ลังเลของนักเรียนครูอาจจะ

ต้องให้ข้อมูลย้อนกลับให้ตอบอย่างมั่นใจ ตอบผิดปฏิบัติผิดของนักเรียนบ่งบอกถึงความจำเป็นในการฝึกเพิ่มเติม ตรวจสอบติดตามบทเรียนของนักเรียนเสมอ พยายามให้การตอบสนองทุกคำถามที่นักเรียนถาม ในการแก้ไขการตอบผิดของนักเรียนครูควรให้ข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ถามคำถามให้ง่ายขึ้น ให้คำแนะนำ อธิบาย ทบทวนหรือสอนใหม่ในขั้นสุดท้าย ถามคำถามซ้ำจนกว่าจะถูกต้อง การให้ฝึกปฏิบัติโดยครูคอยแนะนำ การแก้ไขควรทำต่อไปจนกว่าครูจะแน่ใจว่านักเรียนบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ให้คำชมเชยแต่พอควรในเรื่องที่เฉพาะเจาะจงจะทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าการชมเชยโดยทั่วไป

ในประเด็นของการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของนักเรียน มีข้อเสนอแนะในการตอบสนองคำตอบของนักเรียน โดยลักษณะการตอบคำถามของนักเรียนสามารถแยกได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. ตอบถูกต้อง เร็ว ด้วยความมั่นใจในคำตอบ โดยปกติพฤติกรรมนักเรียนจะปรากฏในช่วงการเรียนตอนแรก ๆ ตอนที่มีการทบทวน ครูควรถามคำถามใหม่ ๆ พร้อมทั้งมีการฝึกเพิ่มเติม และกล่าวคำชมเชย
2. ตอบถูกต้องแต่ลังเลไม่แน่ใจ จะปรากฏในการเรียนในตอนต้นหรือช่วงให้ฝึกโดยมีครูคอยแนะนำ มีข้อเสนอแนะว่าครูควรให้ข้อมูลย้อนกลับ ตอบสนองกลับไปเป็นข้อความสั้น ๆ เช่น ถูกต้องดีมาก การให้ข้อมูลย้อนกลับในลักษณะนี้ควรให้ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจว่าคำตอบนั้นถูกต้องเพราะอะไร
3. ตอบผิดเพราะไม่ระวัง ถ้านักเรียนตอบผิดเพราะสะเพร่าครูควรแก้ไขและให้ข้อมูลย้อนกลับทันที
4. ตอบผิดเพราะไม่มีความรู้ไม่จำเนื้อหาสาระ นักเรียนที่ตอบผิดในช่วงต้น ระยะเวลาเรียนเนื้อหาสาระใหม่ ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ไม่แน่นอน ไม่รู้จริงเกี่ยวกับสาระความรู้นั้นครูควรแก้ไขคือ ครูชี้แนะเสนอแนะแนวทางเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง โดยการถามคำถามใหม่และง่าย พร้อมทั้งยกตัวอย่างและเหตุผลประกอบ สอนใหม่ สำหรับนักเรียนที่ไม่เข้าใจ บอกเป็นนัย ถามคำถามที่ง่าย ๆ หรือทำการสอนใหม่ ดังนั้นการให้ข้อมูลย้อนกลับจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสอนและการเรียนรู้ได้อีกประการหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 5 การฝึกอย่างอิสระ (ฝึกปฏิบัติที่โต๊ะ) มีข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือให้นักเรียนฝึกอย่างเพียงพอ ฝึกทักษะเนื้อหาสาระที่เรียนไปแล้ว เพื่อให้เกิดความชำนาญ ฝึกปฏิบัติโดยลำพัง ควรปฏิบัติได้ถูกต้อง 95 % นักเรียนจะตื่นตัวถ้าครูให้ฝึกปฏิบัติ และมีการติดตามตรวจสอบโดยตลอด แนะนำนักเรียนด้วยความกระตือรือร้นตลอดการฝึกปฏิบัติที่โต๊ะเพื่อให้การปฏิบัติงานโดยลำพังมีประสิทธิภาพ ครูควรปฏิบัติ คือ ควรเดินดูนักเรียนทำงาน ให้ข้อมูลย้อนกลับถาม

คำถามและอธิบายสั้น ๆ อย่างทั่วถึงขณะที่ครูแนะนำนักเรียนกลุ่มเล็ก เพื่อให้มองเห็นนักเรียนคนอื่น ๆ ที่ทำงานของตนอยู่ ครูควรจัดที่นั่งให้มองเห็นนักเรียนทั้งชั้นที่ทำงานอยู่ และครูควรวางแผนกำหนดกิจกรรมที่ควรปฏิบัติ ในช่วงการจัดกิจกรรมให้นักเรียนฝึกปฏิบัติควรให้ทำอย่างรอบคอบ ซึ่งมีรายละเอียดว่านักเรียนต้องทำอะไรบ้างในช่วงนั้น ๆ และจะให้การแนะนำพิเศษอย่างไรแก่นักเรียนการให้นักเรียนฝึกปฏิบัติโดยอิสระ และประสบความสำเร็จครูต้องจัดกิจกรรมให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ มีการเตรียมการฝึกให้พร้อมและเพียงพอสำหรับนักเรียนทุกคน และต้องเป็นกิจกรรมที่มีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนสามารถตอบได้โดยอัตโนมัติ โดยการที่ให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติมาก ๆ

ขั้นตอนที่ 6 การทบทวนรายสัปดาห์และรายเดือน มีข้อเสนอแนะในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คือ การทบทวนเนื้อหาที่เรียนไปแล้วอย่างเป็นระบบ ตรวจการบ้านที่ให้นักเรียนทำ มีการทดสอบบ่อย ๆ สอนใหม่ในเนื้อหาที่ขาดตกบกพร่องครูต้องทบทวนประจำสัปดาห์ทุกวันจันทร์ และทบทวนประจำเดือนในวันจันทร์ที่ 4 ของเดือน การทบทวนของครูช่วยให้ครูได้ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และเพื่อให้แน่ใจว่าความรู้ ทักษะ ที่เรียนไปแล้ว นักเรียนรู้และสามารถปฏิบัติเข้าใจเป็นอย่างดี และเพื่อความคงทนของความรู้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบชัดแจ้ง (Explicit teaching) คือ การสอนโดยการกำหนดขั้นตอนการสอนไว้ชัดเจน ระบุพฤติกรรมการสอนของครูและพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนไว้อย่างละเอียด โดยมี 6 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนประจำวันและตรวจสอบการบ้าน ข้อเสนอแนะมีดังนี้

- 1.1 ตรวจการบ้าน (ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันตรวจการบ้าน)
- 1.2 ทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่และครูอาจซักถามเพิ่มเติม

ขั้นตอนที่ 2 การนำเสนอสาระความรู้ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะมีดังนี้

- 2.1 แจกจุดประสงค์การเรียนรู้สั้นๆแต่เข้าใจง่าย
- 2.2 เสนอโครงสร้างและภาพรวมของสาระความรู้
- 2.3 สาธิตให้ดูเป็นแบบอย่าง
- 2.4 ยกตัวอย่างที่ชัดเจน
- 2.5 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

ขั้นตอนที่ 3 การปฏิบัติโดยการคอยแนะนำ ข้อเสนอแนะมีดังนี้

- 3.1 พยายามทำให้นักเรียนมีการโต้ตอบและตอบสนองการเรียนรู้บ่อย
- 3.2 ควรให้คำอธิบายเพิ่มเติม ข้อเสนอแนะและให้เวลาในการสะท้อนความคิด

3.3 ควรมีการฝึกปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจนกว่านักเรียนจะชำนาญถึงขั้นที่นักเรียน
นักเรียนทำ

ขั้นตอนที่ 4 การแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ ข้อเสนอแนะมีดังนี้

4.1 ครูควรรับรู้และตอบรับคำตอบที่รวดเร็วและมั่นใจของนักเรียนอย่างสิ้นๆ เช่น
ถูกต้อง หรือคำชมอื่นๆ

4.2 คำตอบที่ลังเลของนักเรียนครูอาจต้องให้ข้อมูลย้อนกลับ ให้ตอบอย่างมั่นใจ

4.3 ถ้าจำเป็นต้องสอนใหม่ สำหรับนักเรียนที่ไม่เข้าใจ

ขั้นตอนที่ 5 การฝึกอย่างอิสระ ข้อเสนอแนะมีดังนี้

5.1 ควรให้นักเรียนได้ฝึกทักษะเนื้อหาสาระที่เรียนไปแล้วอย่างพอเพียงเพื่อให้เกิด
ความชำนาญ และสามารถทำได้อย่างอัตโนมัติ

5.2 กระตุ้นให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ตนเองปฏิบัติ และมีความ
กระตือรือร้นเสมออย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 6 การทบทวนรายสัปดาห์และรายเดือน ข้อเสนอแนะมีดังนี้

6.1 ทบทวนเนื้อหาที่เรียนไปแล้วอย่างเป็นระบบโดยทบทวนเป็นประจำสัปดาห์ และ
ทบทวนประจำเดือน เพื่อความคงทนของความรู้

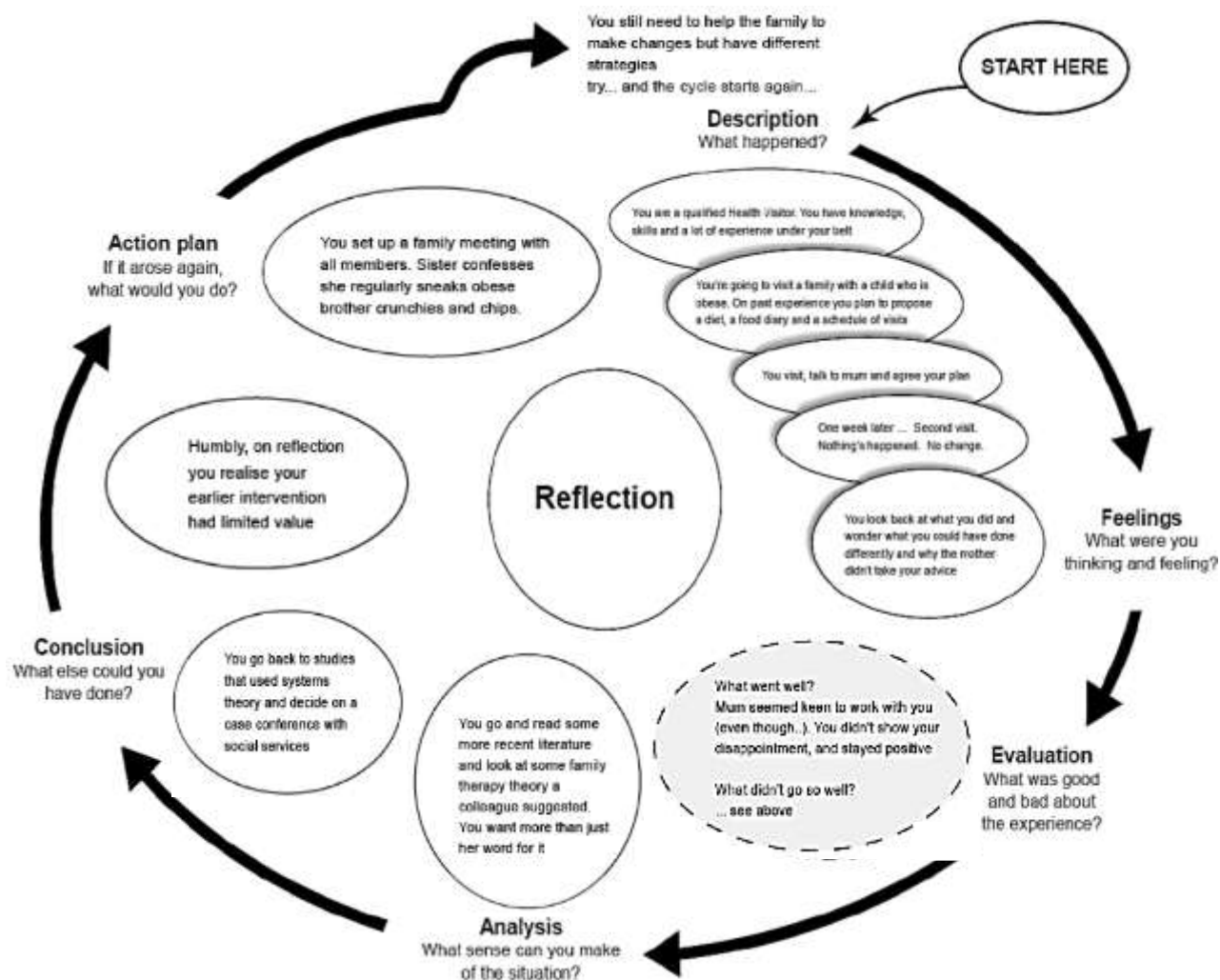
6.2 ตรวจการบ้านที่ให้ทำและอาจสอนใหม่ในเนื้อหาที่บกพร่อง

การสะท้อนความคิด (Reflective thinking)

การสะท้อนความคิด หมายถึงการคิดใคร่ครวญอย่างถี่ถ้วน โดยการย้อนกลับในประเด็น
ที่กำลังคิดเพื่อเปลี่ยนประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องคิดให้เป็นความรู้และเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น การ
สะท้อนความคิดของตนเองเป็นกลไกตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันจนเป็นสิ่งที่เคยชิน ทั้งนี้มี
ผู้นำกระบวนการสะท้อนความคิดมาศึกษาเพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนและกระบวนการสะท้อนความคิด โดย
ให้ฝึกสะท้อนความคิดอย่างเป็นระบบและสะท้อนคิดอย่างมีเป้าหมายที่สร้างสรรค์ มุ่งสะท้อน
ความคิดจากสิ่งที่รู้แล้วให้รู้มากยิ่งขึ้น (reflection on the know to know more) โดยการหยุดคิดเพื่อ
ตั้งคำถามและค้นหาคำตอบเพื่อให้เข้าใจในเรื่องๆ นั้นมากขึ้น (กนกนุช ชื่นเลิศสกุล. 2544: 35-48)

การสะท้อนความคิดคือวิธีการหนึ่งที่สนับสนุนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical
thinking) โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูง (Higher order thinking) ตาม Bloom's
Taxonomy ที่ประกอบด้วยขั้นการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า (Choy; & Pou San
Oo. 2012: 167-182; อ้างอิงจาก Bloom. 1976. *Human Characteristics and School Learning.*)

ณัฐรุจ แก้วสุทธา และคณะ (2553: 4 อ้างอิงจาก Gibbs. 1988. *Learning by doing: A guide to teaching and learning methods.*) เสนอวัฏจักรของการสะท้อนความคิดของกิบส์ (The reflective cycle) ไว้ 6 ขั้นตอน คือ



ภาพประกอบ 1 แผนผังการสะท้อนความคิดของกิบส์

ที่มา: ณัฐรุจ แก้วสุทธา; เสรีนาสิริรัตน์ สกุลณะมรรคา; และกิตติวิช มงคลศิวัะ. 2553: 4 อ้างอิงจาก Gibbs. 1988. *Learning by doing: A guide to teaching and learning methods.*

1. **ขั้นพรรณนา (Description)** คือการพรรณนาถึงรายละเอียดของสถานการณ์ที่มากระทบ

2. **ขั้นรู้สึก (Feelings)** คือการคิดพิจารณาและรู้สึกนึกคิดถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากการที่ได้รับข้อมูลมา

3. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** คือการประเมินสถานการณ์ว่ามีผลดีผลเสียอย่างไร

4. **ขั้นวิเคราะห์ (Analysis)** คือการวิเคราะห์ถึงโครงสร้างสร้าง ทำการวิเคราะห์สถานการณ์จากความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ และจากการวิเคราะห์นี้นำไปสู่ความรู้ใหม่สำหรับสถานการณ์นั้นๆ

5. **ขั้นสรุป (Conclusion)** คือการสรุปซึ่งแตกต่างจากระยะการประเมิน โดยระยะนี้เป็นผลมาจากการได้วิเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมและก่อให้เกิดความรู้ใหม่ ซึ่งส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงมุมมองที่แตกต่างออกไป สิ่งสำคัญประการหนึ่งคือ การสะท้อนคิดตนเองนั้นต้องทำอย่างตรงไปตรงมา จะทำให้เราเห็นข้อมูลหรือข้อผิดพลาดที่แท้จริง นำไปสู่การเรียนรู้หนทางที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้นๆ

6. **ขั้นการปรับเปลี่ยน (Action plan)** คือระยะที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางมุมมองความคิด สามารถจัดการกับปัญหาหรือสถานการณ์ที่คล้ายๆเดิมได้อย่างเหมาะสม

ทั้งนี้ รสริน เจิมโธสง (2554: 40-43) ได้สรุปเทคนิคการสะท้อนความคิดไว้ดังนี้

1. **การเขียนบันทึกไตร่ตรอง (Reflective Journal)** หรืออนุทินสะท้อนความคิด ในการเรียนการสอนควรมีการวิเคราะห์และวิพากษ์ความสำเร็จของบทเรียนภายหลังการสอนสิ้นสุดลง และเขียนบันทึกผลการคิดไตร่ตรอง เพราะการเขียนบันทึกโดยใช้กระบวนการการคิดไตร่ตรองช่วยให้ได้ฝึกปฏิบัติการคิดมากกว่าการได้รับความรู้โดยทั่วไปและครูผู้สอนก็จะได้มีข้อมูลในการปรับปรุงการปฏิบัติงานของตนเองต่อไป ซึ่งจะเป็นการเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้เข้ากับความรู้เดิม ความทรงจำในประสบการณ์ของตนเอง และความรู้สึกพอใจหรือไม่พอใจมีการฝึกคิดเกี่ยวกับเรื่องราวที่เกิดขึ้นและการเรียบเรียงลงสู่การเขียน และพัฒนาสำนึกแห่งการตระหนักรู้ (Meta Cognitive Sense) ว่าจะต้องใช้ความรู้ใหม่เมื่อใดและที่ไหน

2. **บันทึกเหตุการณ์ (Narratives)** บันทึกเหตุการณ์เป็นการบันทึกเหตุการณ์ เป็นรูปแบบของการแสวงหาความรู้จากเหตุการณ์ (Narrative Inquiry) ลักษณะการเขียนเป็นทางการมากกว่าการเขียนอนุทิน ทั้งนี้การเขียนบันทึกจะเขียนได้อย่างอิสระ แต่บันทึกเหตุการณ์มีโครงสร้างและมีจุดเน้นมากกว่า เพราะตั้งใจที่จะสื่อสารลำดับของเหตุการณ์ ซึ่งสามารถเขียนเรื่องที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการสอน โดยเรื่องอาจทำให้เกิดความเข้าใจหรือสามารถอธิบายเหตุการณ์ในชั้นเรียน ความสนุกสนาน การให้รางวัลหรือแรงเสริมในการจัดการเรียนการสอน และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอน

3. การระดมความคิด (Brainstorming) การระดมความคิด มักจะใช้ในระหว่างการอภิปราย โดยจะเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับหัวข้อที่อภิปรายภายในเวลาที่จำกัด

4. การใช้กระบวนการสังเกต (Observation Process) การสังเกตซึ่งเหมาะสมสำหรับพัฒนาและนำไปใช้แสวงหาความรู้ร่วมกับเพื่อนหรือกลุ่ม การสังเกตเป็นทักษะที่ใช้พัฒนาการคิดที่จะช่วยให้มีการตัดสินใจอย่างมาก การสังเกตควรจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ

5. การฝึกอบรมการสะท้อนความคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Reflection Training) การฝึกอบรมการคิดไตร่ตรองเชิงวิพากษ์ ให้ผู้ปฏิบัติเรียนรู้สิ่งแวดล้อมเพื่อกระตุ้นการวิเคราะห์เชิงวิพากษ์ การตัดสินใจและปรับปรุงการปฏิบัติงาน โดยตั้งคำถามและร่วมแบ่งปันประสบการณ์

6. การสนทนาโต้ตอบ (Dialogues) การสนทนาของครูใช้ในการสะท้อนความคิดเชิงวิพากษ์ เป็นวิธีการที่มีรากฐานมองการสร้างความรู้ (Constructivist) โดยกำหนดคำถามสำหรับการคิดไตร่ตรองเชิงวิพากษ์ ทั้งนี้หัวข้อเรื่องสำหรับการคิดไตร่ตรองเชิงวิพากษ์มีความหลากหลายขึ้นอยู่กับความสนใจและความต้องการ

7. การประชุมกลุ่มย่อย (Buzz groups) การประชุมกลุ่มย่อยจะมีลักษณะที่ไม่เป็นทางการ ไม่เคร่งครัด และมีขนาดเล็ก โดยจะแบ่งกลุ่มใหญ่ให้เป็นกลุ่มย่อยๆ หลายกลุ่ม โดยทั่วไปการประชุมกลุ่มย่อยจะเป็นการดำเนินการโดยสมาชิกของกลุ่ม แต่ละกลุ่มจะเสนอปัญหาที่กำลังประสบในขณะนั้นอย่างย่อๆ บันทึกแนวความคิดของกลุ่มย่อย เลือกผู้นำเสนอความคิดของกลุ่ม จากนั้นนำแนวความคิดของกลุ่มย่อยกลับไปยังกลุ่มใหญ่รวม (whole group) เพื่อนำเสนออีกครั้ง

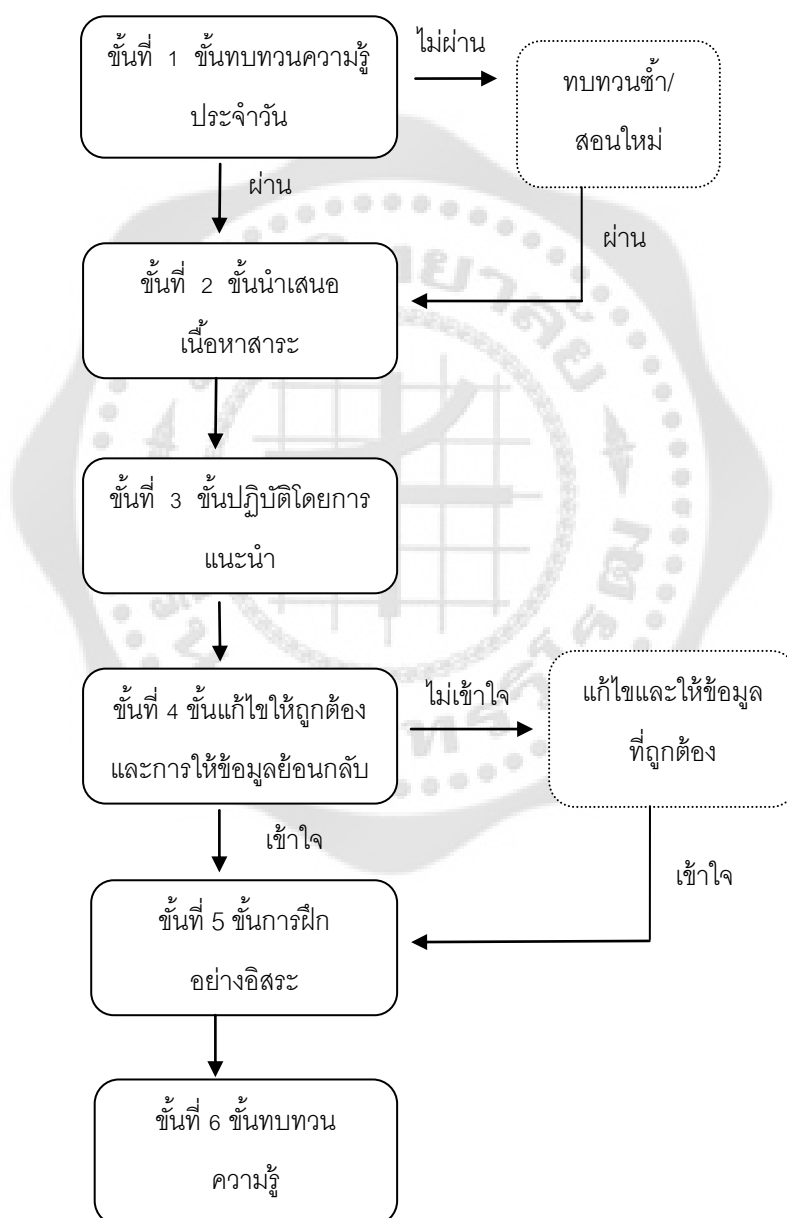
8. การศึกษารายกรณีหรือกรณีศึกษา (Case Studies) การศึกษารายกรณีเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่จะช่วยผู้ปฏิบัติในการมุ่งเน้นถึงตัวปัญหา และการแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น เพราะความซับซ้อนของการสอนและการเรียนรู้ ข้อจำกัดของเวลาที่ใช้ในการสังเกตในห้องเรียน และความต้องการที่จะมองดูอย่างเป็นระบบของแต่ละตอนหรือแต่ละด้านของการสอนกรณีศึกษา จึงเป็นแบบฉบับที่ใช้ในโปรแกรมการศึกษา ประโยชน์ในการใช้กรณีศึกษา

9. การจัดสภาพแวดล้อมทางการศึกษาที่ส่งเสริมการคิดไตร่ตรอง ดิวอี้ให้แนวคิดสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการสะท้อนความคิดประกอบด้วยการสร้างการมีส่วนร่วมของการเรียนรู้แบบประชาธิปไตยที่สมาชิกทุกคนมีอิสระในการตั้งประเด็นคำถามหรือข้อสงสัย ในบรรยากาศของความเชื่อถือและไว้วางใจกัน ทุกคนมีความรู้สึกสนุกสนานต่อการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นการสำรวจค้นหาและมีการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การสะท้อนความคิด เป็นความคิดใคร่ครวญ ทบทวนถึงประสบการณ์และสิ่งที่ได้เรียนรู้มา โดยพัฒนาความรู้จากสิ่งรู้อยู่แล้วให้รู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สามารถพัฒนาความคิดขั้นสูงได้

ทั้งนี้การสะท้อนความคิดสามารถทำได้โดยการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักสะท้อนความคิดผ่านอนุทิน การอภิปราย การระดมความคิด การสังเกต การประชุมกลุ่มย่อย และการจัดสภาพแวดล้อมให้เป็นประชาธิปไตยเปิดกว้างกับการสะท้อนความคิดของผู้เรียน

จากการศึกษาความหมายและหลักการสอนแบบชัดแจ้งและการสะท้อนความคิดข้างต้นนั้น ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit-Reflective Approach) สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ดังนี้



ภาพประกอบ 2 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดของผู้วิจัย

ปรับปรุงจาก วัชรา เล่าเรียนดี. (2547: 54)

ทั้งนี้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดของผู้วิจัย เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน มีการเน้นย้ำและทบทวนความเข้าใจในการเรียนสม่ำเสมอ มีการตรวจสอบให้ข้อมูลย้อนกลับกับผู้เรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน และช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ออกมาอย่างชัดเจนซึ่งสามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนได้ดังตาราง 6 ดังนี้



ตาราง 6 แนวการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ตัวอย่างกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียน สะท้อนความคิด	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1.ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน	-การสนทนาโต้ตอบ -อภิปรายปัญหาในการทำการบ้านหรือเหตุการณ์ที่เชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่ -เทคนิค KWL -การใช้สื่อภาพหรือวิดีโอ	-ตั้งคำถามที่นำไปสู่การอภิปรายเพื่อทบทวนความรู้เดิม และเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ อาจฝึกให้ตั้งคำถาม -ผู้เสนอแนะประเด็นต่างๆ อาจใช้สื่อการสอน VDO สื่อสิ่งพิมพ์ ภาพยนตร์ รูปภาพ กระตุ้นความสนใจ	-ผู้ตั้งคำถามและตอบคำถาม -สังเคราะห์ความรู้เดิมและวิเคราะห์ความรู้ใหม่
2.ขั้นนำเสนอเนื้อหาสาระ	-การสนทนาโต้ตอบ -การอภิปรายเป็นกลุ่ม -การเรียนรู้แบบร่วมมือ -การบรรยาย -การใช้สื่อภาพหรือวิดีโอ	-ครูชี้แจงจุดประสงค์และภาพรวมของเนื้อหาสาระ สารัตถ์ และยกตัวอย่างให้เข้าใจ -ประกอบกับการอภิปรายและถามคำถามหรือจัดกิจกรรม	-ผู้ตั้งคำถามและตอบคำถาม -พิจารณาและทำความเข้าใจความรู้ใหม่ -วิเคราะห์ สังเคราะห์ความคิดรวบยอด หลักการและความสัมพันธ์ได้

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ตัวอย่างกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียน สะท้อนความคิด	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3.ขั้นปฏิบัติโดยการแนะนำ	-การสนทนาโต้ตอบ -การอภิปรายภายในห้องเรียนหรือภายในกลุ่ม -การทำใบงานหรือแบบฝึกหัด -การเขียนและพูดสะท้อนความคิด -การระดมความคิด -การเรียนรู้แบบร่วมมือ	-ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาของนักเรียน -ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ -ผู้ฝึกฝนนักเรียนให้เกิดความชำนาญ -ชี้แนะและให้คำปรึกษาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้	-ผู้ลงมือปฏิบัติจริง -วิเคราะห์สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา -แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น -สร้างปฏิสัมพันธ์ในการทำงานกับผู้อื่น
4.ขั้นแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ	-การสนทนาโต้ตอบ -การอภิปรายในประเด็นที่สงสัย -ตรวจสอบความเข้าใจโดยนักเรียนประเมินตนเองเพื่อนประเมินเพื่อน และครูประเมินนักเรียน -การเขียนหรือพูดสะท้อนความคิด	-ประเมินผล ตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน -ประเมินผล ความก้าวหน้าของผู้เรียน -นำผลการประเมินมาวิเคราะห์แก้ไขและให้ข้อมูลที่ถูกต้องตลอดจนพัฒนาการสอน	-ประเมินและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง -วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา -ปรับเปลี่ยนมุมมองและความคิดจากข้อมูลย้อนกลับของครู

ตาราง 6 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	ตัวอย่างกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียน สะท้อนความคิด	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5.ขั้นการฝึกอย่างอิสระ	-การสนทนาโต้ตอบ -การอภิปรายเป็นกลุ่ม -การเรียนรู้แบบร่วมมือ -การระดมความคิดและการทำงานเป็นกลุ่ม44 -การเขียนและพูดสะท้อนความคิด -การทำใบงาน แบบฝึกหัด หรือการสร้างสรรค์ชิ้นงาน. -การสร้างสถานการณ์จำลอง -การใช้เกม โครงการ บทเรียนโปรแกรม	-ผู้ออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ -ผู้อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติกิจกรรม -ผู้คอยชี้แนะ และให้คำปรึกษา	-วิเคราะห์ สังเคราะห์ และประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา -ลงมือปฏิบัติจริง สรุปสิ่งที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง -แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น -สร้างปฏิสัมพันธ์ในการทำงานกับผู้อื่น -แสวงหาความรู้เพิ่มเติม
6.ขั้นทบทวนความรู้	-การสนทนาโต้ตอบ -การเขียนและพูดสะท้อนความคิด -เทคนิค KWL	-ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การทบทวนความรู้ อย่างเป็นระบบ	-วิเคราะห์และสังเคราะห์ความรู้จากการเรียนรู้

ทั้งนี้ นักการศึกษาหลายท่านให้ความเห็นว่าการจัดเรียนรู้ด้วยการสอนแบบขัดแย้ง ร่วมกับการสะท้อนความคิด เป็นวิธีการหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095; David; & Eric. 2009: 561-580; Eleni; & Dimitris. 2011: 943-960; Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578; กาญจนา มหาลี. 2553: 124-134; ลือชา ลดาชาติ; และ ฎฎฎฎ ฎฎฎฎ. 2555: 73-90) การสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีประโยชน์ ดังนี้

1. เป็นการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ออกมาอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ
2. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมภายในห้องเรียน
3. เป็นการสอนที่ช่วยปรับมุมมองและแก้ไขความถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนได้ โดยการผ่านกิจกรรมที่มีการสะท้อนความคิดอย่างชัดเจน
4. เป็นการสอนที่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างไม่จำกัด ไม่มีหลักเกณฑ์การจัด กิจกรรมที่ตายตัว เช่น การให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่างๆ การสำรวจ ค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ ผ่านการทำงาน เป็นต้น

ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดย การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ดังนี้

เอเลนและดิมิทริส (Eleni; & Dimitris. 2011: 943-960) ได้พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งผ่านการ สอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ โดยหยิบยกเรื่องประวัติการทดลองหยดน้ำมันของ มิลิแกนในการหาค่าประจุของอิเล็กตรอน วิธีการสอนนี้ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ได้ 4 ประเด็น คือ บทบาทของหลักฐานหรือข้อมูลในการโต้แย้ง ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและ การลงความเห็น จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ และความ จริงที่มีอยู่ในธรรมชาติในการนำมาสร้างทฤษฎี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปปัจจัยที่ทำให้วิธีการสอนนี้มี ประสิทธิภาพคือ 1) พวกเขาให้นักเรียนบันทึกผลที่ตรงกันในเรื่องหาทางวิทยาศาสตร์กับ ธรรมชาติ- วิทยาศาสตร์ 2) ประวัติศาสตร์เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการอภิปรายและการโต้แย้งของ นักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้วัตถุประสงค์ของการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทาง วิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จะให้นักเรียนได้เห็นกระบวนการที่เป็นสากลและเป็นการแนะแนว ทางการค้นพบความรู้ใหม่และความสัมพันธ์ของการทดลอง 3) ประวัติศาสตร์ดังกล่าวพวกเขาทำให้ เป็นเรื่องสั้นที่น่าสนใจและมีคำถามที่น่าสนใจเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์

คริสเฟร์ (Khishfe. 2008: 470-496) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยการสอนแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 18 คน ระยะเวลาในการศึกษา 3 เดือน โดยศึกษาใน 4 ประเด็นคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ และความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น ทั้งนี้มีการวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 3 ช่วงคือ ก่อนเรียน หลังเรียน และระหว่างเรียน ผลการศึกษาพบว่า ก่อนจัดการเรียนรู้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็น และเมื่อผ่านไปหนึ่งเดือนครึ่ง นักเรียนมีความเข้าใจในบางประเด็นและหลังจากครบระยะเวลา 3 เดือน นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

คิมยองซุกและแมคคินนี (Kim Byoung-Sug and McKinney. 2007: 20-25) ได้ศึกษาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสสารและสิ่งมีชีวิต ด้วยการสอนแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด โดยให้นักเรียนอ่านบทความที่ว่าด้วยเรื่องของมนุษย์ต่างดาวมายังโลกเพื่อนค้นหาสิ่งมีชีวิต แต่มนุษย์ต่างดาวเองก็ไม่แน่ใจว่าจะมีสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต และการสะท้อนความคิดผ่านกิจกรรม เช่น การตอบคำถามในประเด็นที่เกี่ยวกับเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต การอภิปรายในห้องเรียนหรือการโต้เถียงที่ โดยศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ใน 3 ประเด็นคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงข้อสรุป และวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ผลวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ดีขึ้น แต่ก็มีนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็น เช่น นักเรียนไม่สามารถบอกความสัมพันธ์และความแตกต่างของการสังเกตและการลงข้อสรุปได้ และเชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

กาญจนา มหาลี (2553: 124-135) ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยศึกษาทั้ง 3 ด้าน คือด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน และเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหาวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยเน้นธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนและเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนมีแนวโน้มความเข้าใจบางส่วน และเข้าใจถูกต้องมากยิ่งขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยเฉพาะประเด็นวิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบ

ที่สมบูรณกับทุกคำถาม การหลีกเลี่ยงอคติของนักวิทยาศาสตร์ และการคำนึงถึงคุณธรรมจริยธรรมของนักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติ-วิทยาศาสตร์โดยการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (Explicit-Reflective Approach) คือการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนอย่างชัดเจน โดยมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมที่พัฒนาระบบการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้วิทยาศาสตร์

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้วิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ออกมาอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมภายในห้องเรียน ช่วยปรับมุมมองและแก้ไขความถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ และสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างไม่จำกัด ไม่มีหลักเกณฑ์การจัดกิจกรรมที่ตายตัว และหลักการสะท้อนความคิดสนับสนุนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดขั้นสูงตาม Bloom's Taxonomy ที่ประกอบด้วยขั้นการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า ซึ่งผู้วิจัยจึงเห็นว่านอกจากผู้สอนควรสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์แล้ว ควรให้ผู้เรียนได้มีการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหาบทเรียนที่เรียนด้วยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทางการเรียนรู้และเป็นการพัฒนาความคิดขั้นสูงของผู้เรียนไปพร้อมกัน

1.5.2 เทคนิคการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์

เทคนิคหรือวิธีการต่างๆ ที่ช่วยในการพัฒนาธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักการศึกษาหลายท่าน ชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาความเข้าใจของผู้เรียนได้ดีและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถสรุปเทคนิคการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การอภิปราย

การอภิปรายภายในห้องเรียนเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และธรรมชาติวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาหลายท่านให้ความเห็นว่า การอภิปรายสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ควบคู่กับการอภิปรายในกลุ่มหรือภายในชั้นเรียนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนความคิดเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี (Kim Byoung-Sug; & McKinney. 2007:

20-25; Schwartz; et al. 2004: 610-645; อังคณา ปัทมพงศา; พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ; และ ศิริสม สุวรรณวงศ์. 2555: 63-70)

เวลลิงตัน (ปริณดา ลิมปานนท์. 2547: 58 อ้างอิงจาก Wellington. 2000. *Teaching and Learning Secondary Science Contemporary and Practical approaches.*) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนโดยการอภิปราย ดังนี้

1.1) ทำให้เนื้อหาที่น่าสนใจ มีความหมาย น่าตื่นเต้น ดึงดูดความสนใจ และกระตุ้นนักเรียน

1.2) เป็นวิธีที่ดีในการแสดงธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เช่น เป็นกิจกรรมที่ไม่ถูกต้องแน่นอนเสมอไป

1.3) นักเรียนจะได้เรียนรู้เจตคติ ทักษะ และความเข้าใจในการตรวจสอบประเด็นการอภิปราย เนื่องจากระหว่างกระบวนการอภิปราย นักเรียนจะต้องข้้นนำหลักฐานหาข้อมูล และตรวจสอบอคติเพื่อตั้งคำถามเกี่ยวกับเหตุผลและความถูกต้องของข้อมูลเพื่อเสนอแนวคิดของตนเอง ต้องใช้ทักษะการสื่อสาร การฟัง และการทำงานเป็นกลุ่ม

ทั้งนี้การอภิปรายครูสามารถใช้ในการสอนควบคู่กับวิธีการสอนอื่นได้หลายวิธี เช่น การหยิบยกประเด็นจากบทความ วารสารหรืองานวิจัยให้นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มและภายในห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเป็นการแสดงเจตคติที่มีต่อบทความนี้ทั้งต่อสังคมและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Schwartz; et al. 2004: 610-645) การนำประเด็นสังคมเรื่องภาวะโลกร้อนให้นักเรียนอภิปรายและแสดงทัศนคติต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมพร้อมทั้งพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Matkins; & Randy. 2007: 137-163) การนำประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเป็นภาพยนตร์ทางวิทยาศาสตร์ หรือบทความมาให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสะท้อนความคิดที่เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ (Edson; & Agnaldo. 2012: 90-100; Eleni; & Dimitris. 2011: 963-960) เป็นต้น

2. การฟังหรือชมภาพยนตร์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

การฟังเทป หรือการชมภาพยนตร์ การ์ตูนที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สามารถใช้เป็นสื่อที่นำไปสู่การอภิปราย การโต้แย้งหรือการแสดงทัศนคติของนักเรียนเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้

เอดสันและแอกเนลโด (Edson; & Agnaldo 2012: 90-100) ศึกษาผลของการใช้ภาพยนตร์วิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง ต่อการพัฒนามุมมองและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครู โดยหลังจากการชมภาพยนตร์จะมีการอภิปรายประเด็นที่สำคัญเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ผลการศึกษาพบว่า วิธีการนี้สามารถสนับสนุนและกระตุ้นการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ดี เกิดการโต้แย้งและการแสดงทัศนคติที่หลากหลายโดยมีภาพยนตร์เป็นตัวนำการอภิปรายภายในห้องเรียน ทั้งนี้ประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้คือ ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ การหาคำตอบจากการทดลองและการสังเกตของนักวิทยาศาสตร์ และการสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์

3. การใช้สื่อสิ่งพิมพ์ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

สื่อสิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ หนังสือพิมพ์ วารสาร บทความทางวิชาการ การ์ตูน นิตยสาร เป็นต้น สามารถช่วยพัฒนามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ โดยครูผู้สอนสามารถหยิบยกมาเป็นประเด็นในการศึกษาอภิปรายภายในห้องเรียนได้ ดังเช่น คิมยองซุกและแมคคินนี (Kim Byoung-Sug; & McKinney. 2007: 20-25) ได้ศึกษาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องสสารและสิ่งมีชีวิต ด้วยการสอนแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด โดยให้นักเรียนอ่านบทความที่ว่าด้วยเรื่องของมนุษย์ต่างดาวมายังโลกเพื่อนค้นหาสิ่งมีชีวิตและมีการสะท้อนความคิดผ่านกิจกรรม เช่น การตอบคำถามในประเด็นที่เกี่ยวกับเกณฑ์การจำแนกสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต การอภิปรายในห้องเรียนหรือการโต้เถียงที่ ผลวิจัยพบว่านักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ดีขึ้น แต่ก็มีนักเรียนที่ยังมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในประเด็น เช่น นักเรียนไม่สามารถบอกความสัมพันธ์และความแตกต่างของการสังเกตและการลงข้อสรุปได้ และเชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วนอีวาน (Ivan. 2003: 691-702) ได้นำหนังสือพิมพ์ New York Times มาใช้ประกอบรวมกับการสอนปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ โดยมี 2 กิจกรรม คือ 1) กิจกรรมการเขียนหนังสือพิมพ์ 400 คำ นักเรียนต้องสร้างข้อโต้แย้งทางปรัชญาที่เกี่ยวกับหัวข้อข่าวในหนังสือพิมพ์ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนากการอ่านเชิงวิเคราะห์ พัฒนาการสะท้อนความคิดผ่านการเขียน โดยไม่มีกฎเกณฑ์ใดๆ 2) กิจกรรมการอภิปรายในประเด็นหัวข้อข่าวแต่ละวันภายในห้องเรียน ซึ่งในการอภิปรายก่อให้เกิดคำถามและข้อโต้แย้งมากมายภายในห้องเรียน ทำให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากขึ้น โดยทั้ง 2 กิจกรรมช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเข้าใจมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และความคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) อย่างมีประสิทธิภาพ

4. การจัดค่ายพักแรม

กุลเซนและคณะ (Gulsen; et. al. 2011: 1037-1055) ได้จัดค่ายพักแรมเชิงวิทยาศาสตร์รวมเป็นเวลา 10 วัน ให้กับนักเรียนอายุ 3-8 ปี จำนวน 34 คน กิจกรรมใน 3 วันแรก จะเป็นการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาการสืบเสาะหาความรู้และการทำงานร่วมกันของนักเรียน หลังจากนั้นนักเรียนจะต้องตั้งคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวของนักเรียน และนำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้สุดท้ายจะมีการนำเสนอผลงาน ผลการศึกษาพบว่าการจัดค่ายพักแรมสามารถพัฒนามุมมอง

ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้โดยเฉพาะเรื่อง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการสังเกตปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่ก็พบว่าสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์บางเรื่องได้น้อย เช่น จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ นักวิทยาศาสตร์ยึดถือทฤษฎีในการลงความเห็น แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงข้อสรุป

1.6 การวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้พยายามพัฒนาเครื่องมือและวิธีการวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ในอดีตการวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นไปในลักษณะ Paper and Pencil Test โดยมีหลายรูปแบบเช่น การเลือกตอบ การเลือกถูกหรือผิด การแสดงความคิดเห็น (เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย) หรือแบบที่มีตัวเลือกให้เลือกมากกว่า 2 ตัวเลือกแต่ไม่มีการเขียนอธิบายเหตุผลในการเลือก นักการศึกษาจึงเกิดข้อสงสัยในความน่าเชื่อถือของข้อมูล และวิธีดังกล่าวไม่อาจให้รายละเอียดของข้อมูลเชิงลึกได้ชัดเจน ต่อมาจึงมีการพัฒนาเครื่องมือให้เป็นข้อคำถามปลายเปิด มีลักษณะคล้ายแบบสอบถาม (Questionnaire) การสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง และการให้อธิบายเหตุผลของคำตอบมากยิ่งขึ้นเพื่อให้ทราบข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Lederman; et.al. 2002: 597-521)

1. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-From A)

ลักษณะของเครื่องมือเป็นแบบสอบถามปลายเปิด 7 คำถาม ที่ใช้คู่กับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง แบบสอบถามนี้พัฒนาขึ้นโดยเลเดอร์แมนและโอมอลเลียในปี 1990 เพื่อลดปัญหาการบังคับเลือกตอบของผู้ถูกทดสอบ เพราะการบังคับให้ต้องเลือกคำตอบอาจไม่สามารถวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ตรงตามเป้าหมายหรือขาดรายละเอียดของความเข้าใจไป

2. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-From B)

แอตเอดคาลิกและคณะได้มีการปรับปรุง VNOS-From A เป็น VNOS-From B ในปี 1998 เพื่อนำไปตรวจสอบมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ของครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น การปรับปรุงครั้งนี้มีการปรับข้อความเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถตอบแบบสอบถามในบริบทที่กว้างขึ้นกว่าเดิม โดยเน้นมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 5 ประเด็น คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ข้อแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงข้อสรุป จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ กฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

3. View of Nature of Science Questionnaire (VNOS-From C)

แอตเอดคาลิกได้มีการปรับปรุง VNOS-From B เป็น VNOS-From C เนื่องจากมีข้อคำถามที่ไม่สามารถอธิบายและหาข้อสรุปได้ จึงมีการปรับขยายความข้อคำถามให้ชัดเจนขึ้นและเพิ่มข้อคำถามอีก 3 ข้อ จาก 7 ข้อ เป็น 10 ข้อ เพื่อให้สามารถวัดมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้อย่างครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบรูปแบบเครื่องมือและวิธีการวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลายรูปแบบ ดังนี้

กาญจนา มหาลี (2553: 124-133) ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยศึกษาทั้ง 3 ด้าน คือด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้คือ 1) แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย และแสดงเหตุผลประกอบ ซึ่งข้อคำถามทั้งหมด 12 ข้อ ครอบคลุมประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านกิจการทางวิทยาศาสตร์ 2) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง 10 ข้อ และ 3) อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ระหว่างการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการถอดเทปบันทึกเสียงแบบคำต่อคำ อ่านคำให้สัมภาษณ์ของนักเรียนตีความหมายและจัดกลุ่มคำตอบที่แสดงความคิดเห็นตรงกัน

สุทธิดา จำรัสและคณะ (2552: 34-40) ได้พัฒนาแบบสอบถามธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science Questionnaire, NOSQ) เป็นคำถามปลายเปิดจำนวน 8 ข้อ เพื่อศึกษามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 8 ประเด็น ได้แก่ มุมมองต่อวิทยาศาสตร์ วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กฎและทฤษฎี การเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตและลงข้อสรุป ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กับสังคมและวัฒนธรรม และบทบาทของความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การลงรหัส จัดกลุ่มและสถิติบรรยาย

สิรินภา กิจเกื้อกูลและคณะ (2548: 133-145) ศึกษาธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างประกอบสถานการณ์ โดยมีการคัดเลือกเหตุการณ์ ทั้งหมดมี 3 สถานการณ์เกี่ยวกับการค้นพบความรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์จากบทความ โดยสถานการณ์ดังกล่าวครอบคลุมมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานวิทยาศาสตร์เป็นกิจการทางสังคมที่สลับซับซ้อน โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 12 คน วิเคราะห์ข้อมูลโดยถอดเทป

บันทึกเสียงแบบคำต่อคำ อ่านคำให้สัมผัสของนักเรียนตีความหมาย จำแนกและสรุปแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์แต่ละสถานการณ์ และคณะผู้วิจัยร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการตีความ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าการวัดและประเมินผลความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเครื่องมือส่วนใหญ่เป็นแบบสอบถามปลายเปิดและแบบสัมภาษณ์โดยจะใช้ควบคู่กับการสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ทั้งนี้วิธีดังกล่าวสามารถได้ข้อมูลเชิงลึกและละเอียดของความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนเลือกแสดงความคิดเห็นเป็น 2 ระดับคือ เห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย จากนั้นให้อธิบายเหตุผลพร้อมยกตัวอย่างประกอบ นอกจากนี้การเรียนในแต่ละครั้งผู้วิจัยจะให้นักเรียนสะท้อนความคิดระหว่างคาบเรียนและสิ้นสุดคาบเรียน เพื่อให้ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเนื้อหาที่ได้เรียนไป ทั้งนี้ผู้วิจัยยังใช้การสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยจะทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ภายในห้องเรียน

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

2.1 ความเป็นมาและความหมายของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) โดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ เพื่ออธิบายและค้นหาว่า มนุษย์เกิดการเรียนรู้ และสร้างความรู้ได้อย่างไร ทฤษฎีนี้จึงมีผลต่อการจัดการเรียนรู้โดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (ทิสนา แชนมณี. 2552: 90, สุทธิพร แก้วหนองแสง. 2547: 9) วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาได้คิดและพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีลำดับของการพัฒนาดังตาราง 7

ตาราง 7 วัฏจักรการเรียนรู้ในแบบต่างๆ

Lawson (1995: 159-160)	Martin; et. al. (1994 : 94)	BSCS. (2006: 2)
แบบ 3 ขั้นตอน คือ	แบบ 4 ขั้นตอน (4E) คือ	แบบ 5 ขั้น (5E) คือ
1.ขั้นสำรวจ (Exploration)	1.ขั้นสำรวจ (Exploration)	1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)
2.ขั้นสร้าง (Invention)	2.ขั้นอธิบาย (Explanation)	2.ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)
3.ขั้นค้นพบ (Discovery)	3.ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion)	3.ขั้นอธิบาย (Explain)
	4.ขั้นประเมินผล (Evaluation)	4.ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)
		5.ขั้นประเมินผล (Evaluate)

วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เริ่มเข้ามาในประเทศไทยโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยนำแนวคิดนี้จากโครงการศึกษาลัทธิชีววิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Society: BSCS) มาปรับใช้สำหรับประเทศไทย โดยอธิบายความหมายในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ (สสวท. 2545: 146-147)

1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอธิบายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการนำเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้ประเด็นที่จะต้องการศึกษาจึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวม ความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้ นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธี

ตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนามการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมแนวคิดที่ได้คิดค้นคว้าเพิ่มเติมหรือจำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการจัดการเรียนรู้บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือทฤษฎีสรคนิยม (Constructivism) โดยมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง มี 5 ขั้นตอน คือ 1.ขั้นสร้างความสนใจ 2.ขั้นสำรวจและค้นหา 3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4.ขั้นขยายความรู้ และ 5.ขั้นประเมิน ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดและการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยดำเนินการสอนเป็นปกติอยู่ในโรงเรียน โดยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะเน้นกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจธรรมชาติด้วยตนเองตามหลักการของวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E สามารถช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน (BSCS. 2006: 17)

2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

การจัดกระบวนการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ครูผู้สอนต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่การเป็นผู้จัดการเรียนรู้โดยอำนวยความสะดวกให้คำปรึกษา แนะนำแก่ผู้เรียน ส่วนผู้เรียนเองก็มีบทบาทสำคัญในการร่วมมือและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนได้ดังตาราง 8 และตาราง 9 ดังนี้ (Trowbridge; & Bybee.1996,215–217)

ตาราง 8 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรแบบ 5E

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	-สร้างความสนใจ -สร้างความอยากรู้อยากเห็น -ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด -ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ	-อธิบายความคิดรวบยอด -ให้คำจำกัดความและคำตอบ -สรุปประเด็นให้ -จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ -บรรยาย
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	-ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ -สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน -ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน -ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ -ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	-เตรียมคำตอบไว้ให้ -บอกหรืออธิบายวิธีแก้ปัญหา -จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ -บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก -ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา -นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
3. ขั้นอธิบาย (Explanation)	-ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง -ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง -ให้นักเรียนอธิบายให้คำจำกัดความ และชี้บอกส่วนประกอบต่างๆในแผนภาพ -ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตน เป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด	-ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบความคิดรวบยอดหรือทักษะ -ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน -แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	-คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆในแผนภาพ คำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่นักเรียนรู้มาแล้ว -ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียน ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้หรือทักษะในสถานการณ์ใหม่	-ให้คำตอบที่ชัดเจน -บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก -ใช้เวลามากในการบรรยาย -นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน -อธิบายวิธีแก้ปัญหา

ตาราง 8 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
5. การประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอด และทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด หรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไรนักเรียนเรียนรู้ อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้น และจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร	- ทดสอบ คำนิยาม ศัพท์ และข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่ - ทำให้คลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ

ตาราง 9 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรแบบ 5E

ขั้นตอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- ถามคำถามเช่น ทำไม สิ่งนี้จึงเกิดขึ้น - ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ - แสดงความสนใจ	- ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง - ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง - ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย - ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น - บันทึกการสังเกตและลงข้อสรุป	- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ - ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก - ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน - เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. ขั้นอธิบาย (Explanation)	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย	- อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม - ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน - ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล - ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- นำการสืบสวนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถามกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล	- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน - ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่ - อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดไว้

ตาราง 9 (ต่อ)

ขั้นตอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับหลัก 5E	ไม่สอดคล้องกับหลัก 5E
5. การประเมินผล (Evaluation)	-ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว -แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจ เกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ -ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง	-ลงข้อสรุปโดยปราศจาก หลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว -ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ -ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจด้วยคำพูดได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักร 5E คือเป็นผู้จัดการเรียนรู้โดยเป็นผู้ที่คอยอำนวยความสะดวกให้คำปรึกษา ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนทุกวิถีทางโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่วนบทบาทของนักเรียน คือผู้ดำเนินกิจกรรม แสดงออกทางความคิด กล่าวถาม กล่าวแสดงออก ฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่น และเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่จากการจัดกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน

3. เอกสารเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดใหม่

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ตั้งแต่อดีตนักการศึกษาให้การยอมรับและประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยเชื่อว่าครูต้องกำหนดจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนให้ชัดเจน แนวคิดที่ได้รับการยอมรับคือแนวคิดเดิมของบลูม ในปี ค.ศ.1956 ที่ได้แบ่งประเภทของพฤติกรรมโดยอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้และจิตวิทยาพื้นฐานว่า มนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้านคือ ด้านสติปัญญา ด้านร่างกาย และด้านจิตใจ บลูมได้นำหลักการนี้มาจำแนกเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษา 3 ด้าน คือ (Krathwohl, 2002: 213 อ้างอิงจาก Bloom, 1956. *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals.*)

1.พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain)

2.พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (Affective Domain)

3. พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain)

โดยพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของความรู้ที่ใช้ในการเขียน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 6 ขั้น ดังนี้คือ

1. ด้านความรู้-ความจำ (Knowledge)

1.10 ความรู้ในเนื้อเรื่อง

1.11 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม

1.12 ความรู้เกี่ยวกับกฎและความจริง

1.20 ความรู้ในวิธีดำเนินการ

1.21 ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน

1.22 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม

1.23 ความรู้เกี่ยวกับการจัดประเภท

1.24 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์

1.25 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ

1.30 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง

1.31 ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยาย

1.32 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

2. ด้านความเข้าใจ (Comprehension)

2.1 การแปลความ

2.2 การตีความ

2.3 การขยายความ

3. ด้านการนำไปใช้ (Application)

4. ด้านการคิดวิเคราะห์ (Analysis)

4.1 การวิเคราะห์ความสำคัญ

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

4.3 การวิเคราะห์หลักการ

5. ด้านการสังเคราะห์ (Synthesis)

5.1 การสังเคราะห์ข้อความ

5.2 การสังเคราะห์แผนงาน

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์

6. ด้านการประเมินค่า (Evaluation)

6.1 ประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายใน

6.2 ประเมินค่าโดยอาศัยเกณฑ์ภายนอก

ต่อมาในช่วงปี 1990 Anderson และ Krathwohl ได้ทำการปรับปรุงการจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูมใหม่ เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานและปรับปรุง โดยนำเสนอแนวคิดไว้ในหนังสือเรื่อง “A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Outcomes” ในปี 2001 โดยกล่าวว่าจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยเดิมของบลูมทำให้เกิดความเข้าใจว่าขั้นตอนดังกล่าวไม่สามารถซ้อนทับกันได้ การที่ผู้เรียนจะบรรลุกระบวนการทางปัญญาถึงขั้นที่ซับซ้อนได้นั้นจะต้องบรรลุกระบวนการทางปัญญาในขั้นที่ต่ำกว่าก่อน ไม่สามารถให้คำจำกัดความของพฤติกรรมได้ชัดเจน และกระบวนการทางปัญญาขั้นประเมินค่าไม่ได้ซับซ้อนไปกว่าขั้นสังเคราะห์ ทั้งนี้มีการเปลี่ยนจากการมองมิติของการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยจาก 1 มิติ เป็น 2 มิติ ประกอบด้วย 1. มิติด้านความรู้ (Knowledge dimension) ซึ่งมี 4 ประเภท และ 2. มิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา (Cognitive Process dimension) มี 6 ประเภท โดยผู้ปรับปรุงตระหนักว่าเมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือประโยคข้อความเกี่ยวกับวัตถุประสงค์จะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกริยาและคำนาม คำกริยาจะใช้จะอธิบายกระบวนการทางพุทธิปัญญา (Cognitive Process) และคำนามจะใช้จะอธิบายความรู้ (Knowledge) ซึ่งจะทำให้สามารถกำหนดวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายทางการศึกษาได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ส่งผลต่อการสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลที่ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการของผู้สอน มิติของการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดใหม่ของบลูมมี 2 มิติ ประกอบด้วย (Krathwohl. 2002: 214-218)

1. มิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา (The Cognitive Process Dimension)

จากแนวคิดเดิมของบลูมประกอบด้วย 6 กระบวนการ ในการปรับปรุงแนวคิดใหม่ยังคงมี 6 กระบวนการเช่นเดิม แต่ 3 กระบวนการแรกเปลี่ยนชื่อเป็น จำ (Remember) เข้าใจ (Understand) และประยุกต์ใช้ (Apply) ส่วนสามกระบวนการหลังเปลี่ยนชื่อที่มีลักษณะเป็นคำนามไปเป็นคำกริยา และสลับที่กับระหว่างกระบวนการที่ 5 (การสังเคราะห์) กับ 6 (การประเมินค่า) และเปลี่ยนชื่อจาก การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็น สร้างสรรค์ (Create) ดังตาราง 10

ตาราง 10 กระบวนการทางพุทธิปัญญาของบลูมแบบดั้งเดิมและแบบปรับปรุงใหม่

บลูมแบบดั้งเดิม	บลูมแบบปรับปรุงใหม่
Bloom's original taxonomy 1956	Bloom's Revised taxonomy 2001
1. ความรู้ (Knowledge)	1. จำ (Remember)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)	2. เข้าใจ (Understand)
3. การนำไปใช้ (Application)	3. ประยุกต์ใช้ (Apply)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)	4. วิเคราะห์ (Analyze)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)	5. ประเมินค่า (Evaluate)
6. การประเมินค่า (Evaluation)	6. สร้างสรรค์ (Create)

มิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา มีรายละเอียดดังนี้

1.0 จำ (Remember) หมายถึง ความสามารถในการดึงเอาความรู้ที่มีอยู่ในหน่วยความจำระยะยาวออกมา แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1.1 จำได้ (Recognizing)

1.2 ระลึกได้ (Recalling)

2.0 เข้าใจ (Understand) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายของคำพูดตัวอักษร และการสื่อสารจากสื่อต่างๆ ที่เป็นผลมาจากการสอน แบ่งได้ 7 ลักษณะ คือ

2.1 ตีความ (Interpreting)

2.2 ยกตัวอย่าง (Exemplifying)

2.3 จำแนกประเภท (Classifying)

2.4 สรุป (Summarizing)

2.5 อนุมาน (Inferring)

2.6 เปรียบเทียบ (Comparing)

2.7 อธิบาย (Explaining)

3.0 ประยุกต์ใช้ (Apply) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการหรือใช้ระเบียบวิธีการภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดให้ แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

3.1 ดำเนินงาน (Executing)

3.2 ใช้เป็นเครื่องมือ (Implementing)

4.0 วิเคราะห์ (Analyze) หมายถึง ความสามารถในการแยกส่วนประกอบของสิ่งต่างๆ และค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบ ความสัมพันธ์ระหว่างของส่วนประกอบกับโครงสร้างรวมหรือส่วนประกอบเฉพาะ แบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

4.1 บอกความแตกต่าง (Differentiating)

4.2 จัดโครงสร้าง (Organizing)

4.3 ระบุคุณลักษณะ (Attributing)

5.0 ประเมินค่า (Evaluate) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจโดยอาศัยเกณฑ์หรือมาตรฐาน แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

5.1 ตรวจสอบ (Checking)

5.2 วิพากษ์วิจารณ์ (Critiquing)

6.0 สร้างสรรค์ (Create) หมายถึง ความสามารถในการรวมส่วนประกอบต่างๆ เข้าด้วยกันด้วยรูปแบบใหม่ๆ ที่มีความเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุผล หรือทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นต้นแบบ แบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

6.1 สร้าง (Generating)

6.2 วางแผน (Planning)

6.3 ผลิต (Producing)

1. มิติด้านความรู้ (The Knowledge Dimension)

มิติด้านความรู้แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Factual knowledge) หมายถึง ความรู้พื้นฐานที่นักเรียนต้องรู้เพื่อความเข้าใจเกี่ยวกับสาขาวิชาที่เรียน หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

1.1 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์เฉพาะ (Knowledge of terminology)

1.2 ความรู้เฉพาะเกี่ยวกับรายละเอียดหรือส่วนประกอบ (Knowledge of specific details and elements)

2. ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) หมายถึง ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานภายใต้โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีการทำงานร่วมกัน แบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

2.1 ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นและจำแนกประเภท (Knowledge of classifications and categories)

2.2 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและการสรุปอ้างอิง (Knowledge of principles and generalizations)

2.3 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี โมเดลและโครงสร้าง (Knowledge of theories, models, and structures)

3. ความรู้เกี่ยวกับวิธีดำเนินการ (Procedural knowledge) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงาน เช่น วิธีการหาความรู้ด้วยการสืบสวนสอบสวน และหลักเกณฑ์ในการใช้ทักษะ ขั้นตอนเทคนิค และวิธีการ แบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ

3.1 ความรู้เกี่ยวกับทักษะและขั้นตอนในเนื้อหาเฉพาะ (Knowledge of subject-specific skills and algorithms)

3.2 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการในเนื้อหาเฉพาะ (Knowledge of subject-specific techniques and methods)

3.3 ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ที่ใช้เป็นแนวทางในกำหนดระเบียบวิธีการทำงานที่เหมาะสม (Knowledge of criteria for determining when to use appropriate procedures)

4. ความรู้เกี่ยวกับอภิปัญญา (Metacognitive knowledge) หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจทั่วไป มีความตระหนัก และมีความรู้เกี่ยวกับการคิดของตนเอง แบ่งประเภทย่อยได้ 3 ลักษณะ คือ

4.1 ความรู้เกี่ยวกับยุทธวิธี (Strategic knowledge)

4.2 ความรู้เกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในงาน ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เหมาะสมในการทำงานและรู้เงื่อนไขในการทำงาน (Knowledge about cognitive tasks, including appropriate contextual and conditional knowledge)

4.3 ความรู้เกี่ยวกับตนเอง (Self-knowledge)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดใหม่ทำให้เห็นมิติใหม่ของการจำแนกจุดมุ่งหมายหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อให้เกิดความสอดคล้องต่อการจัดการเรียนรู้ของครู ไม่เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนและสามารถวัดและประเมินผลได้ตรงจุดประสงค์ ทั้งนี้นำไปสู่การสร้างเครื่องมือวัดและประเมินผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดนี้ไปใช้เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้ตรงตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง 11 มิติใหม่ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

(Bloom's revised taxonomy 2001)

มิติด้านความรู้ (The Knowledge dimension)	มิติด้านกระบวนการทางพุทธิปัญญา (The Cognitive process dimension)					
	จำ (Remember)	เข้าใจ (Understand)	ประยุกต์ใช้ (Apply)	วิเคราะห์ (Analyze)	ประเมินค่า (Evaluate)	สร้างสรรค์ (Create)
ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Factual knowledge)						
ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Conceptual knowledge)						
ความรู้เกี่ยวกับ วิธีดำเนินการ (Procedural knowledge)						
ความรู้เกี่ยวกับอภิปัญญา (Metacognitive knowledge)						

4.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ

อังคณา บัณฑุงศาและคณะ (2555: 63-70) ศึกษามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 48 คนโดยใช้การสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ (Explicit Approach) พบว่า การสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้สามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ในทุกด้านที่ศึกษา โดยเฉพาะด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ และความเป็นพลวัตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. (2555: 73-90) ศึกษาโดยสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 คน โดยมีกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 5 กิจกรรม พบว่า นักเรียน 13 คน ไม่เข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นผลการอนุมานจากหลักฐานเชิงประจักษ์ ของนักวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 กิจกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการอนุมาน มีนักเรียน 9 คน ที่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมครบทั้ง 5 กิจกรรม ในตอนที่ 2 ผู้วิจัยประเมินความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 9 คนนี้ โดยใช้แบบทดสอบชุดเดิม ผล การวิจัย

พบว่า นักเรียน 5 คนมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ขึ้น ผลการวิจัยนี้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน

กาญจนา มหาลี (2553: 124-134) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 35 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนทุกคนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน และเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด นักเรียนมีแนวโน้มมีความเข้าใจบางส่วน และความเข้าใจอย่างถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรควรมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นหรือบูรณาการธรรมชาติวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียนอย่างชัดเจน และร่วมกับการสะท้อนความคิดในแต่ละคาบเรียนอย่างเป็นรูปธรรมสม่ำเสมอ

ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์ (2553: 105-109) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 80 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น และทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกประเด็นและสามารถอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนความเข้าใจของตนเองมากขึ้น

รัชฎา ศิลม้น (2552) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์องค์ประกอบที่ 1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบที่ 3 แรงจูงใจในการในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยทั้ง 3 องค์ประกอบเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการวัดสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ครั้ง

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายนอกประเทศ

บิลิกา (Bilica. 2012: 23-28) ได้สร้างบทเรียนที่จัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ม.3-6 โดยขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจครูตั้งคำถามให้นักเรียนตอบว่าคำถามเหล่านี้วิทยาศาสตร์สามารถให้คำตอบได้หรือไม่ (ใช่ ไม่ใช่ หรือไม่แน่ใจ) เช่น ชีวิตหลังความตายเป็นอย่างไร คุณว่าเมื่อเด็กฟังเพลงคลาสสิก IQ ของเด็กจะพัฒนาขึ้นหรือไม่ แฟนของคุณจะรักคุณไปตลอดหรือไม่ เป็นต้น หลังจากนั้นให้เลือกว่าคำถามเหล่านี้มี

ความสำคัญระดับที่เท่าใด จากนั้นขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหาให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนคำตอบของตัวเองและมาปะไว้ที่หน้าห้อง จากนั้นครูถามคำถามให้นักเรียนเกิดการอภิปรายกัน เช่น นักเรียนมีเกณฑ์อะไรในการตัดสินใจ และความคิดเห็นที่แตกต่างกันบอกอะไรนักเรียนได้ เป็นต้น ขั้นที่ 3 ครูอธิบายว่าวิทยาศาสตร์สามารถตอบที่ปรากฏได้ในธรรมชาติแต่ไม่สามารถอธิบายได้ทุกคำถาม วิทยาศาสตร์ยังเกี่ยวข้องกับหลักศาสนาและความเชื่อ ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้โดยครูให้นักเรียนตั้งคำถามและรวบรวมคำถามที่พบได้ในชีวิตประจำวันเช่น ในหนังสือพิมพ์ แล้วอธิบายว่าคำถามเหล่านี้มีลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์หรือไม่เพราะอะไร ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผลเป็นการตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการค้นหาคำถามและคำตอบจากสิ่งที่นักเรียนทำการบ้านมา จากผลการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักร 5E จะช่วยให้นักเรียนมีการถกเถียงกันในบริบทของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น สะท้อนให้เห็นความคิดของนักเรียนและเตือนให้ผู้เรียนเข้าใจคำถามที่วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ และในขณะที่ครูจะช่วยให้พวกเขาเข้าใจว่าทำไมแนวคิดที่ไม่ได้รับการพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์

เอเลนและดิมิทริส (Eleni; & Dimitris. 2012: 943-960) ได้พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ-วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบชัดเจน โดยหยิบยกเรื่องประวัติศาสตร์ทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกนในการหาค่าประจุของอิเล็กตรอน วิธีการสอนนี้ช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ 4 ประเด็น คือ บทบาทของหลักฐานหรือข้อมูลในการโต้แย้ง ความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็น จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ และความจริงที่มีอยู่ในธรรมชาติในการนำมาสร้างทฤษฎี ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สรุปปัจจัยที่ทำให้วิธีการสอนนี้มีประสิทธิภาพคือ 1) พวกเขาให้นักเรียนบันทึกผลที่ตรงกันในเรื่องทางวิทยาศาสตร์กับธรรมชาติ วิทยาศาสตร์ 2) ประวัติศาสตร์เชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการอภิปรายและการโต้แย้งของนักวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะได้วัตถุประสงค์ของการสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์จะให้นักเรียนได้เห็นกระบวนการที่เป็นสากลและเป็นการแนะแนวทางการค้นพบความรู้ใหม่และความสัมพันธ์ของการทดลอง 3) ประวัติศาสตร์ดังกล่าวพวกเขาทำให้เป็นเรื่องที่น่าสนใจและมีคำถามที่น่าสนใจเพื่อนำไปสู่ความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์

คริสเฟร์ (Khishfe. 2008: 470-496) ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยการสอนแบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 18 คน ระยะเวลาในการศึกษา 3 เดือน โดยศึกษาใน 4 ประเด็นคือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ และความแตกต่างระหว่าง

การสังเกตและการลงความเห็น ทั้งนี้มีการวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 3 ช่วงคือ ก่อนเรียน หลังเรียน และระหว่างเรียน ผลการศึกษาพบว่า ก่อนจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็น และเมื่อผ่านไปหนึ่งเดือนครึ่ง นักเรียนมีความเข้าใจในบางประเด็นและหลังจากครบระยะเวลา 3 เดือน นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

คิมยองซุกและแมคคินนี (Kim Byoung-Sug: & McKinney. 2007: 20-25) ศึกษาความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7 จำนวน 31 คน เรื่องสสารและสิ่งมีชีวิต ที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด โดยให้นักเรียนอ่านบทความที่วาดด้วยเรื่องของมนุษย์ต่างดาวมายังโลกเพื่อนค้นหาสิ่งมีชีวิต แต่มนุษย์ต่างดาวเองก็ไม่แน่ใจว่าอะไรคือสิ่งมีชีวิตและไม่มีชีวิต กิจกรรมดำเนินไปด้วยการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ผลวิจัยพบว่านักเรียนบางคนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 2 ประเด็นคือ วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้และการสังเกตและการลงข้อสรุป โดยนักเรียนไม่สามารถบอกความสัมพันธ์และความแตกต่างของการสังเกตและการลงข้อสรุปได้

อีวาน (Ivan. 2003: 691-702) ศึกษามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยได้นำหนังสือพิมพ์ New York Times มาใช้ประกอบรวมกับการสอนปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ โดยมี 2 กิจกรรม คือ 1)กิจกรรมการเขียนหนังสือพิมพ์ 400 คำ นักเรียนต้องสร้างข้อโต้แย้งทางปรัชญาที่เกี่ยวข้องหัวข้อข่าวในหนังสือพิมพ์ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการพัฒนากการอ่านเชิงวิเคราะห์ พัฒนาการสะท้อนความคิดผ่านการเขียน โดยไม่มีกฎเกณฑ์ใดๆ 2)กิจกรรมการอภิปรายในประเด็นหัวข้อข่าวแต่ละวันภายในห้องเรียน ซึ่งในการอภิปรายก่อเกิดคำถามและข้อโต้แย้งมากมายภายในห้องเรียน ทำให้นักเรียนสนใจในบทเรียนมากขึ้น โดยทั้ง 2 กิจกรรมช่วยสนับสนุนให้นักเรียนเข้าใจมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) อย่างมีประสิทธิภาพ

คริสเฟอร์และแอคเอลคาลิก (Khishfe; & Abd-El-Khalick. 2002: 551-578) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นรายกรณีของนักเรียนเกรด 6 จำนวน 2 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย (Implicit approach) ใน 4 ประเด็น คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน การลงข้อสรุป และความคิดสร้างสรรค์ พบว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบเป็นนัยไม่มีความเข้าใจของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 ประเด็นมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบความคลาดเคลื่อนในประเด็นที่ว่า ความรู้วิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงได้ในงานวิจัยอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก

แอ็ดเอลคาลิกและเลเดอร์แมน (Abd-El-Khalich; & Lederman. 2000: 1057-1095) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอายุ 19-45 ปี จำนวน ที่เข้าร่วมในหลักสูตร HOS (History of science) ใน 3 หลักสูตร โดยเป็นการสอนโดยประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์น้อยมาก และมีบางหลักสูตรที่ไม่ สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้เลย นักวิจัยให้เหตุผลว่าวิธีการสอนดังกล่าว สามารถสอนได้บางประเด็นเท่านั้น ไม่สามารถสอนได้ครบทุกเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ และยากต่อการ เปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดภายในตัวของผู้เรียน ผู้เรียนไม่สามารถรับรู้และเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ได้อย่างชัดเจนเพราะผู้เรียนยังยึดติดในกรอบแนวคิดของตนและความรู้ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน นักวิจัยให้ความเห็นว่าการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit approach) ควรควบคู่ไป กับการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยเน้นให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติ วิทยาศาสตร์มากขึ้น สามารถช่วยให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์เรื่องราวของประวัติศาสตร์ทาง วิทยาศาสตร์ โดยรู้จักประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเข้าใจ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดของ ผู้เรียน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. กำหนดแบบแผนการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 8 ห้องเรียน มีนักเรียน 320 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มทดลอง และอีก 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มควบคุม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 เป็นระยะเวลา 26 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน

2. แบบแผนการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งดำเนินการทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลอง คือ pretest – posttest control group design โดยมีแบบแผนดังนี้

กลุ่ม	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
E	T _{1E}	X	T _{2E}
C	T _{1C}	-	T _{2C}

สัญลักษณ์ที่ใช้

E	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มทดลองที่ได้รับ
		การจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
C	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มควบคุมที่ได้รับ
		การจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E
T _{1E}	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มทดลอง
T _{2E}	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มทดลอง
T _{1C}	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มควบคุม
T _{2C}	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มควบคุม
X	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
-	แทน	การจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

1.1 ขั้นเตรียมการ

1.1.1 ศึกษาเอกสารการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหนังสือเรียนรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ของ สสวท.

1.1.3 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

1.2.1 กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 8 แผนการเรียนรู้ จำนวน 26 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ (คาบละ 50 นาที)
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	2
2	โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม	2
3	การแบ่งเซลล์	5
4	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและโรคทางพันธุกรรม	3
5	มัลติเปิลอัลลีล	3
6	การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ	4
7	เทคโนโลยีชีวภาพ	4
8	ความหลากหลายทางชีวภาพ	3
รวม		26

1.2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด 8 แผนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย

1. สาระการเรียนรู้ / มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด
2. สาระสำคัญ
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ มีขั้นตอน ดังนี้
 - ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน
 - ขั้นนำเสนอสาระความรู้
 - ขั้นปฏิบัติโดยการคอยแนะนำ
 - ขั้นแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ
 - ขั้นการฝึกอย่างอิสระ
 - ขั้นทบทวนความรู้
5. สื่อการเรียนรู้
6. การประเมินผล

1.3 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

1.3.1 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา-นิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม สื่อการเรียนรู้และอื่นๆ

1.3.2 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านชีววิทยา 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และกิจกรรมต่างๆ

1.3.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำผลจากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับบทเรียนและระยะเวลาเรียน

1.3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

ตัวอย่างกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิด



แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ปรับปรุงจาก วิชา เล่าเรียนดี. (2547: 54)

2. ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักร 5E

2.1 ขั้นเตรียมการ

2.1.1 ศึกษาเอกสารการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E

2.1.2 ศึกษาและวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดช่วงชั้น ม.4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหนังสือเรียนรายวิชา ชีววิทยาพื้นฐาน ของ สสวท.

2.1.3 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ขั้นสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2.2.1 กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 8 แผนการเรียนรู้ จำนวน 26 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

2.2.2 ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E 8 แผนการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เนื้อหา	จำนวนคาบ (คาบละ 50 นาที)
1	ลักษณะทางพันธุกรรม	2
2	โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม	2
3	การแบ่งเซลล์	5
4	การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและโรคทางพันธุกรรม	3
5	มัลติเปิลอัลลีล	3
6	การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ	4
7	เทคโนโลยีชีวภาพ	4
8	ความหลากหลายทางชีวภาพ	3
รวม		26

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย

1. สาระการเรียนรู้ / มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด
2. สาระสำคัญ
3. จุดประสงค์การเรียนรู้
4. กิจกรรมการเรียนรู้ มี 5 ขั้นตอน ดังนี้
 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
 3. ขั้นอธิบาย (Explanation)
 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
 5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)
5. สื่อการเรียนรู้
6. การประเมินผล

2.3 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

2.3.1 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา-นิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรม สื่อการเรียนรู้และอื่นๆ

2.3.2 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับแก้ไขแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านชีววิทยา 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และกิจกรรมต่างๆ

2.3.3 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำผลจากการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับบทเรียนและระยะเวลาเรียน

2.3.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป

3. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบทดสอบอัตนัยใช้วัดผลการเรียนรู้การคิดขั้นสูง ประกอบด้วย ขั้นวิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ขั้นเตรียมการ

3.1.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล การเขียนข้อสอบ และการสร้างข้อสอบแบบอัตนัยที่เน้นการคิดขั้นสูง ประกอบด้วย ขั้นวิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ ตามแนวคิด Bloom's Revised taxonomy 2001

3.1.2 วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ เพื่อกำหนดความสำคัญของเนื้อหา จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด และจำนวนข้อของแบบทดสอบ

3.1.3 ศึกษาหลักการเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอัตนัย

3.2 ขั้นสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.1 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้และทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

3.2.2 สร้างแบบทดสอบอัตนัย 10 ข้อ 2 ชุด โดยเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ลักษณะเป็นข้อคำถามให้เขียนตอบ

3.2.3 สร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรีค

3.3 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.3.1 นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญทางด้านชีววิทยาจำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์จำนวน 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านภาษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IC) อยู่ระหว่าง 0.50- 1.00

3.3.2 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพมาแล้ว จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

3.3.3 นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนโดยผู้วิจัยและครูชำนาญการพิเศษในโรงเรียน 2 ท่าน

3.3.4 หาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนน (Inter-rater reliability) พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนเท่ากับ 0.91

3.2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย พบว่าแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

3.2.6 หาความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยใช้เทคนิคร้อยละ 25 ของวิทนีย์ และซาเบอร์ (Whitney and Sabers) คัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พบว่าข้อสอบที่คัดเลือกได้มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.86

4. ขั้นตอนการสร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

4.1 ขั้นเตรียมการ

4.1.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของนักเรียน และรายละเอียด ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็นโดยยึดตามแนวคิดของ American Association for the Advancement of Science: AAAS

4.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบข่ายของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในประเด็นที่ต้องการจะศึกษา

4.2 ขั้นสร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

4.2.1 สร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นข้อคำถามปลายเปิดให้แสดงความคิดเห็นและยกตัวอย่างประกอบจำนวน 9 ข้อ โดยครอบคลุมประเด็นทั้ง 3 ด้านที่กำหนดไว้ได้แก่

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View)

- 1.1 ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี
- 1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
- 1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
- 1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

- 2.1 การสังเกตและการลงข้อสรุป
- 2.2 วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี
- 2.3 วิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

3. กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise)

- 3.1 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม
- 3.2 การคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของ

นักวิทยาศาสตร์

4.3 ขั้นตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

4.3.1 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญา-
นิพนธ์ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข

4.3.2 จากนั้นนำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไป
ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 2 ท่าน และ
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา
ความเหมาะสมของภาษาเพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่
ต้องการจะศึกษา โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์
(IC) อยู่ระหว่าง 0.50-1.00

4.3.3 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อดู
ระยะเวลาที่เหมาะสมของการทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ปรับปรุงข้อคำถามที่ทำให้
เกิดความสับสนและปรับภาษาให้เหมาะสม จากนั้นนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

4.3.4 เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ทำการตรวจแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติ
วิทยาศาสตร์โดยจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นรายชื่อเปรียบเทียบกัน จากนั้นแบ่ง
ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของแอตเอลคาลิกและเลเดอร์แมน
(Abd-El-Khalich; & Lederman. 2000: 1057-1095) และ กาญจนา มหาลี (2553: 41-49) ดังนี้

ความเข้าใจที่ถูกต้องชัดเจน (Informed) หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยาย
ความและยกตัวอย่างที่สอดคล้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็น

ความเข้าใจบางส่วน (Adequate) หมายถึง นักเรียนสามารถอธิบาย ขยายความ
ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แต่ละประเด็นอย่างถูกต้อง แต่การให้เหตุผลประกอบหรือยกตัวอย่างแสดง
ความเข้าใจไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในแต่ละประเด็น

ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ (Inadequate) หมายถึง นักเรียนมีความ
เข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยไม่สามารถอธิบาย ขยายความ ให้เหตุผลและ
ยกตัวอย่างที่ถูกต้องได้

4. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดที่ 1

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามที่กำหนดจึงทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความเข้าใจ ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ชุดเดิมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดที่ 2 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

5.1 สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 ค่าความถี่ (Frequency)

5.1.2 หาคะแนนเฉลี่ย (Mean)

5.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

5.1.4 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score (GS)) โดยใช้สูตรคำนวณของ ศิริชัย กาญจนวาสี (2556) เป็นการคำนวณคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนที่พิจารณาจากคะแนนเพิ่มหรือคะแนนผลต่าง

$$\text{สูตร } GS (\%) = \frac{Y-X}{F-X} \times 100$$

เมื่อ GS คือคะแนนร้อยละพัฒนาการของผู้เรียน

X คือคะแนนก่อนเรียน

Y คือคะแนนหลังเรียน

F คือคะแนนเต็ม

5.2 สถิติทดสอบสมมติฐาน

5.2.1 t-test for dependent sample ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

5.2.2 t-test for independent sample ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

5.2.3 one sample t-test ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอการแปรความและการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง
k	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่แทนใน t-distribution
*	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทนี้ ผู้วิจัยมีผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเสนอตามลำดับดังนี้

1. ด้านความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

1.1 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

1.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

2.2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1. ด้านความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

1.1 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ตาราง 12 แสดงร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกตามกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ประเด็นธรรมชาติ วิทยาศาสตร์	จำนวนนักเรียนแบ่งตามกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ)					
	เข้าใจถูกต้อง		เข้าใจบางส่วน		ไม่เข้าใจ/ เข้าใจคลาดเคลื่อน	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1.ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี	0.0	8.0	36.0	60.0	64.0	32.0
2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	0.0	40.0	50.0	42.0	50.0	18.0
3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	0.0	40.0	52.0	48.0	48.0	12.0
4.วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม	0.0	38.0	52.0	46.0	48.0	16.0
5.การสังเกตและการลงข้อสรุป	0.0	30.0	54.0	50.0	46.0	20.0
6.วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี	0.0	36.0	52.0	44.0	48.0	20.0
7.วิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	0.0	26.0	66.0	66.0	34.0	8.0
8.วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม	0.0	56.0	56.0	38.0	44.0	6.0
9.การคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์	0.0	52.0	60.0	38.0	40.0	10.0
รวม	0.0	36.22	53.11	48.00	46.89	15.78

จากตาราง 12 แสดงว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีจำนวนนักเรียนที่ไม่เข้าใจและเข้าใจบางส่วนในธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงในทุกประเด็น แต่ไม่พบนักเรียนคนใดที่มีความเข้าใจถูกต้องในธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนคิด พบว่า จำนวนนักเรียนที่ไม่เข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์มีจำนวนลดลงในทุกประเด็น และจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกประเด็น

ตาราง 13 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ประเด็นธรรมชาติ วิทยาศาสตร์	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	พัฒนาการ สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับ พัฒนา การ
		$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
1.ความแตกต่างระหว่างกฎและ ทฤษฎี	50	0.36	0.50	0.76	0.60	4.041*	24.40	ต่ำ
2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถ เปลี่ยนแปลงได้	50	0.50	0.51	1.22	0.74	6.292*	48.00	กลาง
3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการ หลักฐาน	50	0.52	0.51	1.28	0.67	8.186*	51.35	สูง
4.วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบ คำถามได้ทุกคำถาม	50	0.52	0.51	1.22	0.71	8.530*	47.30	กลาง
5.การสังเกตและการลงข้อสรุป	50	0.54	0.50	1.10	0.71	5.621*	38.31	กลาง
6.วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มีหลายวิธี	50	0.52	0.51	1.16	0.74	6.532*	43.24	กลาง
7.วิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัย จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	50	0.66	0.48	1.18	0.56	6.340*	38.81	กลาง
8.วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของ สังคมและวัฒนธรรม	50	0.56	0.50	1.50	0.61	8.667*	65.23	สูง
9.การคำนึงถึงหลักคุณธรรมและ จริยธรรมในการดำเนินงานของ นักวิทยาศาสตร์	50	0.60	0.50	1.42	0.67	8.778*	58.57	สูง
รวม	50	4.78	1.38	10.84	2.07	20.465*	39.82	กลาง

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 13 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการของความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีพัฒนาการสัมพัทธ์รวมร้อยละ 39.82 อยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง โดยประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีระดับพัฒนาการสูงสุด คือ ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรมร้อยละ 65.23 รองลงมา คือ ประเด็นการคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์ร้อยละ 58.57 ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานร้อยละ 51.35 ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ร้อยละ 48.00 ประเด็นวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถามร้อยละ 47.3 ประเด็นวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีร้อยละ 43.24 ประเด็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ร้อยละ 38.81 ประเด็นการสังเกตและการลงข้อสรุปร้อยละ 38.31 และ ประเด็นความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎีร้อยละ 24.40 ตามลำดับ

1.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตาราง 14 เปรียบเทียบคะแนนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (กลุ่มทดลอง) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (กลุ่มควบคุม)

ประเด็นธรรมชาติ วิทยาศาสตร์	กลุ่ม ตัวอย่าง	N	k	$\bar{X}$	S.D.	t
1.ความแตกต่างระหว่างกฎ และทฤษฎี	ทดลอง	50	2	0.76	0.60	2.919*
	ควบคุม	50	2	0.44	0.50	
2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้	ทดลอง	50	2	1.22	0.74	5.544*
	ควบคุม	50	2	0.52	0.50	
3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องการหลักฐาน	ทดลอง	50	2	1.28	0.67	6.399*
	ควบคุม	50	2	0.52	0.51	

ตาราง 14 (ต่อ)

ประเด็นธรรมชาติ วิทยาศาสตร์	กลุ่ม ตัวอย่าง	N	k	$\bar{X}$	S.D.	t
4.วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบ คำถามได้ทุกคำถาม	ทดลอง	50	2	1.22	0.71	3.844*
	ควบคุม	50	2	0.74	0.53	
5.การสังเกตและการลงข้อสรุป	ทดลอง	50	2	1.10	0.71	3.840*
	ควบคุม	50	2	0.62	0.53	
6.วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มีหลายวิธี	ทดลอง	50	2	1.16	0.74	3.636*
	ควบคุม	50	2	0.70	0.51	
7.วิธีการทางวิทยาศาสตร์	ทดลอง	50	2	1.18	0.56	3.840*
อาศัยจินตนาการและความคิด สร้างสรรค์	ควบคุม	50	2	0.62	0.57	
8.วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่ง ของสังคมและวัฒนธรรม	ทดลอง	50	2	1.50	0.61	3.840*
	ควบคุม	50	2	0.64	0.56	
9.การคำนึงถึงหลักคุณธรรม และจริยธรรมในการดำเนิน งานของนักวิทยาศาสตร์	ทดลอง	50	2	1.42	0.67	3.840*
	ควบคุม	50	2	0.76	0.56	
รวม	ทดลอง	50	2	10.84	2.07	14.771*
	ควบคุม	50	2	5.57	1.45	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 14 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

2. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ตาราง 15 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

ระดับการคิด	N	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	พัฒนาการ สัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ระดับ พัฒนาการ
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.			
ขั้นวิเคราะห์	50	8	1.52	0.89	5.96	1.01	23.933*	68.52	สูง
ขั้นประเมินค่า	50	6	1.24	1.02	4.32	1.20	13.387*	64.71	สูง
ขั้นสร้างสรรค์	50	6	1.32	0.84	4.50	1.06	15.481*	67.95	สูง
รวม	50	20	4.08	1.65	14.78	1.93	29.865*	67.21	สูง

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 15 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีพัฒนาการสัมพัทธ์รวมร้อยละ 67.21 อยู่ในระดับพัฒนาการสูง

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแยกตามระดับการคิด พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในขั้นวิเคราะห์ ขั้นประเมินค่า และขั้นสร้างสรรค์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยขั้นวิเคราะห์ มีพัฒนาการสัมพัทธ์สูงสุดคือร้อยละ 68.52 อยู่ในระดับพัฒนาการสูง รองลงมาคือ ขั้นสร้างสรรค์ มีพัฒนาการสัมพัทธ์คือร้อยละ 67.95 อยู่ในระดับพัฒนาการสูง และขั้นประเมินค่า มีพัฒนาการสัมพัทธ์คือร้อยละ 64.71 อยู่ในระดับพัฒนาการสูง

2.2 ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 16 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

การทดสอบ	N	k	$\bar{X}$	S.D.	t
หลังเรียน	50	20	14.75	1.93	2.857*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 16 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

2.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชุดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตาราง 17 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด (กลุ่มทดลอง) กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (กลุ่มควบคุม)

ระดับการคิด	กลุ่มตัวอย่าง	N	k	$\bar{X}$	S.D.	t
ขั้นวิเคราะห์	ทดลอง	50	8	5.96	1.01	2.153*
	ควบคุม	50	8	5.42	1.46	
ขั้นประเมินค่า	ทดลอง	50	6	4.32	1.20	4.117*
	ควบคุม	50	6	3.42	0.91	
ขั้นสร้างสรรค์	ทดลอง	50	6	4.50	1.06	3.486*
	ควบคุม	50	6	3.70	1.23	
รวม	ทดลอง	50	20	14.78	1.93	5.565*
	ควบคุม	50	20	12.54	2.10	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 17 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแยกตามระดับการคิด พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในขั้นวิเคราะห์ ขั้นประเมินค่า และขั้นสร้างสรรค์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กล่าวคือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในขั้นวิเคราะห์ ขั้นประเมินค่า และขั้นสร้างสรรค์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด สรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์โดยรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
5. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน คณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 8 ห้องเรียน มีนักเรียน 320 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน คณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มทดลอง และอีก 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 50 คน เป็นกลุ่มควบคุม

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชา ชีววิทยาพื้นฐาน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 เป็นระยะเวลา 26 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E)
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน ดังนี้

1. ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดที่ 1
2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามที่กำหนดจึงทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ชุดเดิมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดที่ 2 นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.1 ค่าความถี่ (Frequency)

1.2 หาคะแนนเฉลี่ย (Mean)

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

1.4 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์

2. สถิติทดสอบสมมติฐาน

2.1 t-test for dependent sample ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

2.2 t-test for independent sample ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.3 one sample t-test ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด สรุปผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70)

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ด้านความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทุกประเด็น โดยนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีพัฒนาการสัมพัทธ์รวมร้อยละ 39.82 อยู่ในระดับพัฒนาการปานกลาง สามารถอภิปรายผลได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเป็นวิธีการหนึ่งที่มีผลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนอย่างชัดเจนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการวางแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดจุดประสงค์ในประเด็นที่เกี่ยวกับการพัฒนาความเข้าใจของธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน และมีการประเมินผลตรงตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000:

1057-1095) การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ออกมาอย่างชัดเจนโดยผ่านกิจกรรมที่ครูกำหนดขึ้น เช่น การวิเคราะห์ข่าวที่เป็นประเด็นทางสังคม การศึกษาประวัติศาสตร์การค้นพบของนักวิทยาศาสตร์ การฟังหรือชมภาพยนตร์ทางวิทยาศาสตร์ การใช้สื่อหรือสิ่งพิมพ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ สถานการณ์สมมติ เป็นต้น ครูสามารถตรวจสอบความเข้าใจและให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน ตลอดจนปรับความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้กับผู้เรียน (Kim Byoung-Sug; & McKinney. 2007: 20-25; Schwartz; et al. 2004: 610-645; Edson; & Agnaldo 2012: 90-100; Ivan. 2003: 691-702) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา มหาลี (2553: 124-134) ที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนทุกคนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในทุกด้าน และเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด นักเรียนมีแนวโน้มเข้าใจบางส่วน และเข้าใจอย่างถูกต้องชัดเจนมากยิ่งขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา ดังที่ Khishfe และ Abd- El-Khalick (2002: 551-578) ที่ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดจะมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้นั้น ครูต้องมีเป้าหมายและวางแผนในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาประเด็นธรรมชาติให้ชัดเจน เพราะความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยที่สามารถพัฒนาและเข้าใจได้ ครูควรเปิดโอกาสและเน้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเชื่อมโยงสู่ชีวิตประจำวันให้มากที่สุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ขาดการบ่งชี้ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนอย่างชัดเจน ขาดการตอบโต้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนอย่างชัดเจนในประเด็นที่เกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้คล้ายกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (Implicit Approach) ที่เชื่อว่าการที่นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานแล้วนั้น จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง แต่นักการศึกษาหลายท่านให้ความเห็นว่าวิธีการนี้

ไม่อาจทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองได้ (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095) แตกต่างกับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดที่เป็น การจัดการเรียนรู้โดยบ่งชี้ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนอย่างชัดเจนและเป็น ธรรมชาติ โดยมีการเน้นย้ำความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ทบทวนความเข้าใจอย่างสม่ำเสมอ มีการ ตรวจสอบให้ข้อมูลย้อนกลับกับนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนสู่การปรับมุมมองต่างๆ อีกทั้งยัง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ผ่านออกมาชัดเจนในทุกคาบเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khishfe และ Abd- El-Khalick (2002: 551-578) ที่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ- วิทยาศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนที่การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย เพราะเป็นเรื่องยากที่จะทำให้นักเรียน เข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ครูจะต้องมีการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อย่างชัดเจนขณะจัดกิจกรรมและครูต้องให้นักเรียนสะท้อนความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการประเมินว่านักเรียนเข้าใจถูกต้องหรือไม่ และถ้ามีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ครูจำเป็นต้องให้ข้อมูลย้อนกลับและแก้ไขให้ถูกต้อง ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงทำให้นักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

เมื่อพิจารณาระดับพัฒนาการสัมพัทธ์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ ชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีพัฒนาการสัมพัทธ์รวมร้อยละ 39.82 อยู่ในระดับพัฒนาการ ปานกลาง โดยประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีระดับพัฒนาการสูงมี 3 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรมร้อยละ 65.23 ประเด็นการคำนึงถึงหลัก คุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์ร้อยละ 58.57 และประเด็นความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานร้อยละ 51.35 การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน โดยผ่านกิจกรรมที่มีการสะท้อน ความคิดของผู้เรียนอย่างชัดเจน และเป็นการสอนที่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างหลากหลาย ไม่จำกัด ไม่มีหลักเกณฑ์การจัดกิจกรรมที่ตายตัว เช่น การให้นักเรียนอภิปรายในประเด็นต่างๆ การสำรวจ ค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ผ่านการทำงาน เป็นต้น (Abd-El-Khalick; & Lederman. 2000: 1057-1095) การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีการใช้ สื่อหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและเกี่ยวข้องกับเรื่องที่สอน เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจแนวคิด ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้นเช่น การใช้สื่อ คลิปวิดีโอ ข่าวและเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวันของนักเรียน (จาริยา เขียวชัยภูมิ และคณะ. 2558: 14-15) สอดคล้องกับการจัด การเรียนรู้ของผู้วิจัยที่มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิด

ในชีวิตประจำวันและเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิดได้อย่างอิสระ เช่น การหยิบยกประเด็นทางสังคมที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียนสู่การออกแบบกิจกรรมได้วาทีในหัวข้อที่เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ (การโคลนนิ่งมนุษย์ GMOs ในประเทศไทย การแช่แข็งมนุษย์) กิจกรรมการวิเคราะห์สื่อสิ่งพิมพ์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การศึกษาประวัติศาสตร์การค้นพบทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น กิจกรรมที่หลากหลายและเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันนี้อาจช่วยส่งผลให้นักเรียนสะท้อนความคิดธรรมชาติวิทยาศาสตร์ 3 ประเด็นนี้ออกมาได้อย่างชัดเจนและมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น นักเรียนได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล แสดงความคิดเห็นต่างๆ อย่างมีเหตุผล โดยนักเรียนสามารถอธิบายภายหลังการจัดการเรียนรู้ได้ว่า วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานในการสนับสนุนแนวคิดและเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ โดยวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม วิทยาศาสตร์จึงอาจได้รับการสนับสนุนหรือถูกขัดขวางด้วยปัจจัยต่าง ๆ ทางสังคม เช่น ศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยม หรือสถานะทางสังคม ความเชื่อในความรู้วิทยาศาสตร์แต่เดิม มีผลต่อการคิดแบบวิทยาศาสตร์ของคนในสังคมนั้นๆ วิทยาศาสตร์ สังคมและวัฒนธรรมจึงส่งผลซึ่งกันและกัน และนักวิทยาศาสตร์จึงต้องคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบซัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด

- ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

“วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรมคะ บางครั้งความเชื่อทางศาสนาและค่านิยม ก็มีผลต่อวิทยาศาสตร์คะ เช่น ประเด็นข่าวการแช่แข็งมนุษย์ของเด็กไทยคนหนึ่งกับความเชื่อเรื่องวิญญาณ การเวียนว่ายตายเกิดตามแนวศาสนาพุทธจนเกิดข้อถกเถียงในโลกโซเชียลคะ”

“สังคม ค่านิยมและวัฒนธรรมมีผลต่อความคิดครับ วิทยาศาสตร์จึงเชื่อมโยงค่านิยมทางสังคม วัฒนธรรมเข้าไปในความคิดของคนด้วย เช่น พวกนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร หรือคนทั่วไป เช่น การโคลนนิ่งมนุษย์ถึงแม้วิทยาศาสตร์จะทำได้ แต่บางคนก็มองว่ามันผิดต่อหลักศีลธรรมครับ โคลนนิ่งมาก็อาจเกิดปัญหาสังคมได้ครับ วิทยาศาสตร์จึงเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม”

- ประเด็นการคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงานของนักวิทยาศาสตร์

“นักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงคุณธรรมและจริยธรรมด้วยครับ เช่น การทำการทดลองกับมนุษย์ที่ไม่ใช่ทำได้ง่าย การใช้สัตว์ทดลอง การรายงานผลการทดลองตามความจริง พบอะไรเจออะไรก็ต้องรายงานไปตามจริงไม่บิดเบือนครับ

- ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

“ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานที่น่าเชื่อถือในการสนับสนุนแนวคิดนั้นๆ เราจะไม่เชื่ออะไรที่กล่าวลอยๆ ค่ะ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ปราศจากหลักฐานก็ไม่สามารถทำให้คนอื่น ๆ ตรวจสอบความจริงที่ถูกต้องได้ด้วยค่ะ เช่น ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาวิน ถ้าชาร์ล ดาวินไม่มีหลักฐานมากพอในการอธิบายหรือลงข้อสรุป เราก็จะไม่เชื่อคะว่ามนุษย์มาจากลิงจนทุกวันนี้”

ส่วนประเด็นธรรมชาติวิทยาาสตร์ที่นักเรียนมีระดับพัฒนาการต่ำสุดคือ ประเด็นความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎีร้อยละ 24.40 เมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาาสตร์หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่า กฎคือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการพิสูจน์มาแล้วหลายครั้งและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนทฤษฎียังเป็นเพียงแนวคิดที่ยังสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยกฎจัดเป็นความรู้ที่อยู่ในระดับที่สูงกว่าทฤษฎี หรือบางคนสามารถบอกได้ว่ากฎและทฤษฎีแตกต่างกันอย่างไรได้ แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างประกอบให้เข้าใจได้ สอดคล้องกับ สุทธิดา จำรัส และคณะ (2552: 365) ที่ได้กล่าวว่า ประเด็นความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎีเป็นประเด็นที่มีนักเรียนเข้าใจผิดมากที่สุด เนื่องจากนักเรียนอาจเข้าใจว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์เริ่มต้นจากการตั้งปัญหา ซึ่งนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน จากจุดนี้เองที่นักเรียนจะมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสมมติฐานจะกลายเป็นทฤษฎีและกลายเป็นกฎ ในทัศนะของนักวิทยาศาสตร์ กฎและทฤษฎีแม้จะมีที่มาคือการตั้งสมมติฐาน แต่ไม่ได้มีความสัมพันธ์เชิงลำดับชั้น โดยไม่สามารถบอกได้ว่ากฎอยู่เหนือทฤษฎีเพราะจุดประสงค์และการนำไปใช้แตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผู้วิจัยมีการจัดการเรียนรู้ในประเด็นนี้เพียงไม่กี่ครั้งและมีระยะเวลาจำกัดไม่เพียงพอต่อการเปิดโอกาสให้นักเรียนอภิปรายสะท้อนความคิดในประเด็นดังกล่าวได้มากพอ และผู้วิจัยอาจกำหนดเป้าหมายของประเด็นธรรมชาติวิทยาาสตร์ในแต่ละคาบมากเกินไป ดังที่ Khishfe และ Abd- El-Khalick (2002) ได้กล่าวว่า ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาาสตร์คือระยะเวลาของการพัฒนาความเข้าใจ เป็นเรื่องยากที่ผู้สอนจะเปลี่ยนความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนภายใน 2 เดือนกว่า ครูจึงต้องให้เวลาที่มากกว่านี้ในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาาสตร์ของนักเรียน และอีกปัจจัยหนึ่งคือการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาาสตร์อาจขึ้นกับเนื้อหาของบทเรียนที่ผู้สอนหยิบยกประเด็นธรรมชาติวิทยาาสตร์มาอภิปรายหรือนำเสนอให้กับนักเรียน บางเนื้อหาในแต่ละเทอมไม่สามารถหยิบยกประเด็นธรรมชาติวิทยาาสตร์บางประเด็นมาผนวกเข้าให้สอดคล้องกับเนื้อหาในบทเรียนวิทยาศาสตร์ได้หรืออาจจะทำได้จำนวนน้อยครั้ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาาสตร์ของนักเรียนได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนต่อไปนี้

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ในประเด็นความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี

“กฎอยู่สูงกว่าทฤษฎีครับ เนื่องจากทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้แต่กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้”

“ทฤษฎีคือข้อคิดเห็นจากการคาดคะเน แต่กฎเป็นสิ่งที่ไม่มีข้อโต้แย้งได้แล้วครับ เพราะมันทดลองและพิสูจน์มาหลายครั้ง”

“ทฤษฎีต้องอาศัยผลจากการทดลองและตรวจสอบหลายครั้งๆ แต่กฎเป็นความจริงที่พิสูจน์มาแล้ว”

2. ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 5 สามารถอธิบายผลได้ว่า

การจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดเป็นการสอนที่ช่วยให้ความสัมพันธ์กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เท่าเทียมกับการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสอนแบบนี้จะทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องเช่นกัน (กาญจนา มหาลี, 2553: 134) เมื่อนักเรียนมีการสะท้อนความคิดธรรมชาติ-วิทยาศาสตร์แล้ว ยังควรให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย เช่น การตอบคำถามจากใบงาน การตอบคำถามในห้องเรียน การเขียนเชิงสร้างสรรค์ การระดมความคิด เป็นต้น โดยหลักการสะท้อนความคิดคือวิธีการหนึ่งที่สนับสนุนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) ซึ่งเป็นการคิดขั้นสูง ตาม Bloom's Taxonomy ที่ประกอบด้วยขั้นการวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า (Choy; & Pou San Oo, 2012: 167-182 อ้างถึงจาก Bloom, 1976. *Human Characteristics and School Learning.*) หลักการสะท้อนความคิดเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดขณะเรียนรู้ และภายหลังการเรียนรู้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยให้นักเรียนตระหนักรู้ในตนเองและเกิดความเข้าใจในบทเรียนสู่การพัฒนาตนเอง (ณัฐรุจ แก้วสุทธา และคณะ, 2553: 5) โดยการออกแบบกิจกรรมสำหรับการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยจึงเน้นกิจกรรมที่ช่วยฝึกและพัฒนาความคิดขั้นสูงของผู้เรียน ตลอดจนมีการสะท้อนความคิดในระหว่างทำกิจกรรมและภายหลังการทำกิจกรรม

เช่น การฝึกวิเคราะห์แก้ปัญหาโจทย์พันธุศาสตร์ การฝึกเขียนเชิงสร้างสรรค์ การสร้างแบบจำลองดีเอ็นเอจากวัสดุที่หาได้ง่าย การฝึกสร้างโจทย์พันธุศาสตร์ การวิเคราะห์ข่าวและโฆษณาที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ การสร้างไดโคโตมัสคีย์โดยใช้เปลือกหอย เป็นต้น ซึ่งการสะท้อนความคิดของนักเรียนเป็นการประเมินตามสภาพจริงของครู โดยครูจะกำหนดปัญหาหรืองานแบบปลายเปิด เพื่อให้นักเรียนได้เป็นผู้สร้างคำตอบด้วยตนเองผ่านการแสดง สร้างสรรค์ ผลิตภัณฑ์หรือทำงาน ไม่เน้นเฉพาะทักษะพื้นฐาน แต่ให้ความสำคัญกับทักษะการคิดที่ซับซ้อนของนักเรียน นักเรียนมีการพิจารณา ไตร่ตรอง และแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน (หน่วยศึกษานิเทศก์. 2540: 75) ด้วยเหตุนี้อาจทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับความคิดขั้นสูงหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ดังที่ พริยลักษณ์ ศิริสุภลักษณ์ (2556: 16) และ ปวีภัทร นิธิตันติวัฒน์ (2557: 4-5) ได้กล่าวไว้ว่า การสะท้อนความคิดเป็นวิธีที่ช่วยให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณซึ่งเป็นการคิดขั้นสูง ครูควรฝึกให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาและมีความสร้างสรรค์โดยผ่านกิจกรรมต่างๆ ทั้งนี้ครูควรกำหนดเป้าหมาย หัวข้อการสอนและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ตลอดจนสร้างแรงจูงใจ กระตุ้นด้วยคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างต่อเนื่อง และสามารถสะท้อนความคิดของนักเรียนทั้งแบบเดี่ยวหรือแบบกลุ่มได้ ขึ้นกับหัวข้อและกิจกรรมการเรียนรู้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวทั้งหมดจึงทำให้การจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการศึกษาวิจัยดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 ในการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดของผู้วิจัยมีการออกแบบกิจกรรมที่หลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เช่น การได้วาที การปฏิบัติการทดลอง การระดมความคิด การเขียนอย่างสร้างสรรค์ การแสดงผลทางวิทยาศาสตร์ การศึกษาประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ เป็นต้น ทั้งนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่หลากหลายของผู้วิจัยสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ของครูควรจัดให้มีลักษณะกิจกรรมที่หลากหลายและสอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียน เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจในเนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์และความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป ในการทำกิจกรรม

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ไม่ควรแยกสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ออกจากเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นการเพิ่มภาระงานของครูและนักเรียน ใช้เวลาเรียนมากและอาจทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ยากยิ่งขึ้น

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด ครูควรให้ความสำคัญกับการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์อย่างอิสระ ครูไม่ควรตีกรอบความคิดของนักเรียน และควรรับฟังความคิดของนักเรียนที่สะท้อนออกมาและให้ข้อมูลย้อนกลับ ตลอดจนปรับแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

1.3 การจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดของผู้วิจัยให้ความสำคัญของเนื้อหาวิทยาศาสตร์และธรรมชาติวิทยาศาสตร์เทียบเท่ากัน ซึ่งจะสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นครูควรให้ความสำคัญในประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์อย่างเทียบเท่ากัน ครูควรมีการบ่งชี้ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนในห้องเรียนควบคู่กับการบ่งชี้จุดประสงค์การเรียนรู้ และเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนให้กับนักเรียนด้วยเช่นกัน เมื่อนักเรียนมีการสะท้อนความคิดธรรมชาติวิทยาศาสตร์แล้ว ครูยังต้องให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

1.4 ครูผู้สอนไม่ควรวางเป้าหมายในการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในแต่ละคาบเรียนหลายประเด็นมากเกินไป เพราะด้วยเวลาที่จำกัดจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสะท้อนความคิดเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์มากที่ควร จึงควรมีการวางแผนและเลือกประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียน ทั้งนี้ควรมีการจดบันทึกหลังสอนทุกคาบ

1.5 ระยะเวลาและจำนวนครั้งของการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ครูควรให้ระยะเวลาที่นานพอต่อการพัฒนาความเข้าใจ และควรพัฒนาความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ประเด็นธรรมชาติวิทยาศาสตร์บางประเด็นจำเป็นต้องใช้เวลานานในการพัฒนาความเข้าใจ เช่น ความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี เพราะเป็นเรื่องที่นักเรียนเข้าใจได้ยากและมีความเข้าใจเดิมที่คลาดเคลื่อน ครูจึงควรหยิบยกประเด็นนี้มาพัฒนาให้มากขึ้น

1.6 การวัดผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนโดยใช้ข้อสอบอัตนัย นักเรียนบางคนอาจไม่คุ้นเคยและไม่สามารถตอบคำถามได้ตรงประเด็น ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนครูควรฝึกให้นักเรียนได้มีการเขียนตอบคำถาม อาจตอบคำถามลงในใบงาน หรือฝึกให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดในเรื่องราวต่างๆ อยู่เสมอ

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

2.1 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิดที่มีต่อความสามารถในการคิดระดับสูงอื่นๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดตัดสินใจ เป็นต้น หรือศึกษาเจตคติทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจมีการศึกษาในปัจจัยอื่นๆ เช่น เปรียบเทียบผลการจัดกิจกรรมในนักเรียนที่มีระดับผลการเรียนแตกต่างกัน เพศที่แตกต่างกัน ขนาดของสถานศึกษา และความสัมพันธ์ระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2.2 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ในวิธีอื่นๆ ที่สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เช่น การจัดการเรียนรู้แบบ Model-Based Learning หรือการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM Education เป็นต้น

2.3 ควรศึกษาพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเนื้อหาบทเรียนวิทยาศาสตร์อื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ให้ครบทุกเนื้อหา





บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กนกนุช ชื่นเลิศสกุล. (2544, พฤษภาคม-สิงหาคม). การเรียนรู้โดยการผ่านสะท้อนคิด: การศึกษาและการปฏิบัติการพยาบาลในคลินิก. *วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*. 9(2): 35-48.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กาญจนา มหาลี. (2553). *การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบขัดแย้งร่วมกับการสะท้อนความคิด*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กาญจนา มหาลี; และ ชাত্রี ฝ่ายคำตา. (2553, กันยายน-ตุลาคม). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*. 16(5): 795-809.
- ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. (2553). *การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จาริยา เชิญชัยภูมิ; จิตตมาศ สุขแสง; และ จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์. (2558). *การพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบขัดแย้งและการสะท้อนความคิด เรื่องปรากฏการณ์ทางลมฟ้าอากาศ*. *เรื่องเต็มการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 53 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ชাত্রี ฝ่ายคำตา. (2555, กรกฎาคม-กันยายน). ความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนเพื่อการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 2(2): 233-260.
- (2556, พฤษภาคม-สิงหาคม). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนรู้การสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” ภายนอกและภายในประเทศไทย. *วิทยาเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*. 34(2): 269-282.

ณัฐวุธ แก้วสุทธา; เสรีนา สิริรัตน์ สกุลณะมรรคา; และ กิตติธัช มงคลศิระ. (2553). *การศึกษามลของการประเมินตนเองของนิสิตทันตแพทย์ต่อประสบการณ์การทำงานชุมชนในคลินิกทันตกรรมชุมชนโดยใช้แบบสะท้อนความคิด*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาทันตกรรมสำหรับเด็กและทันตกรรมป้องกัน คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทศนา แชนมณี. (2552). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญดา ลิ้มพานนท์. (2547). *การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของครูตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปวิภัทร นิธิตันติวัฒน์. (2557). *คู่มือแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การสะท้อนคิด (Reflection)*. ราชบุรี: วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนี ราชบุรี

พฤตพร ลิลิตานุกัษ; และ ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2554, กันยายน-ตุลาคม). *ทรรศนะเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.). วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*. 17(5): 223-254.

พริยลักษณ์ ศิริสกุลลักษณ์. (2556, กรกฎาคม-ธันวาคม). *การสอนนักศึกษาพยาบาลเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. *วารสารวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนีนครราชสีมา*. 19(2): 5-19

รสริน เจริญไธสง. (2554). *การพัฒนาแบบแผนการเรียนการสอนตามแนวคิดการไตร่ตรองเชิงวิพากษ์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบการเรียนการสอนของนักศึกษาครู*. วิทยานิพนธ์ ค.ด. (หลักสูตรและการสอน) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัชฎา ศิลมมัน . (2552). *การประยุกต์ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนไทยรัฐวิทยา ๖๙ (คลองหลวง) จังหวัดปทุมธานี*. วิทยานิพนธ์ ค.ศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ลือชา ลดาชาติ; และ ลฎาภา สุทธกุล. (2555, พฤษภาคม-สิงหาคม). *การสำรวจและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. 4(2): 73-90.

วัชรวิภา เล่าเรียนดี. (2547). *เทคนิคการจัดการเรียนรู้สำหรับครูมืออาชีพ*. นครปฐม: โครงการส่งเสริมการผลิตตำราและเอกสารการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2545). *มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คอมแพคท์พริ้นท์.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล; นฤมล ยุตาคม; และ อรุณี อิงคากุล. (2548). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วิทยาศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*. 26(2): 133-145.
- สุทธิดา จำรัส; นฤมล ยุตาคม; และ พรทิพย์ ไชยโส. (2552, เมษายน). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 14(4): 34-40.
- สุทธิพร แก้วหนองแสง. (2547). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ: ผลของการใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาความสามารถทางการคิดคำนวณและการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา)*. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุยศ ทรัพย์ประกอบ. (2553). *ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการผลิตครู 5 ปี*. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (ศึกษาศาสตร์-การสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- หน่วยศึกษานิเทศก์. (2549). *การเรียนการสอนและการประเมินผลจากสภาพจริงโดยใช้แฟ้มสะสมผลงานดีเด่น*. เอกสารหน่วยศึกษานิเทศ 10/2540 สำนักงานประถมศึกษาอำเภอปราสาท จังหวัดสุรินทร์: รุ่งชนเกียรติออฟเซ็ท.
- อังคณา ปัทมพงศา; พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ; และ ศิริสม สุวรรณวงศ์. (2555). การพัฒนามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้การสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50: สาขาศึกษาศาสตร์, สาขาเศรษฐศาสตร์ และบริหารธุรกิจ, สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 63-70.
- Abd-El-Khalich, F.; & Lederman, N.G. (2000, November). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(10): 1057-1095.
- Akerson, L. V., F. Abd-El-Khalick, and N. G. Lederman. (2000, April). Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(4): 295-317.

- American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1990). *Benchmark for Science Literacy Project 2061*. Retrieved May 20, 2013, from <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1.htm#Nature>.
- Bilica K. (2012, January). A 5E nature of science introduction : preparing students to learn about evolution. *Science Activities*, 49(1): 23-28.
- BSCS. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Choy, S. Chee; & Pou, San Oo. (2012, January) . Reflective thinking and teaching practices: a precursor for incorporating critical thinking into the classroom?. *International Journal of Instruction*. 5(1): 167-182.
- David, R. W.; et al. (2013, January). Changes Observed in Views of Nature of Science During a Historically Based Unit. *Science & Education*. 23(9). 1-31.
- David R. W.; & Eric M. Howe. (2009, May). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science Education*. 18(5): 561-580.
- Edson R. S.; & Agnaldo A. (2012, December). The use of audiovisual approach to teach nature of science for in-service natural science teacher's education. *PROBLEMS OF EDUCATION IN THE 21 CENTURY*. 50(50): 90-100.
- Eleni Paraskevopoulou; & Dimitris Koliopoulos. (2011, October). Teaching the Nature of Science Through the Millikan-Ehrenhaft Dispute. *Science & Education*. 20(10): 943-960.
- Gulsen L. et. al. (2011, April). Teaching the Nature of Science in the Nature: A Summer Science Camp. *Elementary Education Online*, 10(3), 1037-1055.
- Irez, S. (2009, May). Nature of Science as Depicted in Turkish Biology Textbooks. *Science Education*. 93(3): 422-447.
- Irwin, A.P. (2000, January). Historical Case Studies: Teaching the Nature of Science in Context. *Science Education*, 84(1): 5-26.
- Ivan A. Shibley. (2003, October). Using Newspapers to Examine the Nature of Science. *Science Education*. 12(7): 691-702.

- Kathleen K.; Melissa S.; & Lei B. (2012, Winter). Explicitly Targeting Pre-service Teacher Scientific Reasoning Abilities and Understanding of Nature of Science through an Introductory Science Course. *Science Educator*. 21(2): 1-9.
- Khishfe, R.. (2008, April). The Develop of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 45(4): 470-496.
- Khishfe, R.; & Abd-El-Khalick, F.. (2002, September). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry oriented instruction on sixth grades' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(7): 551-578.
- Kim, Byoung-Sug.; & McKinney, A.. (2007, November). Teaching the Nature of Science Through the Concept of Living. *SCIENCE SCOPE*. 31(3). 20-25.
- Krathwohl ,David R.. (2002, November). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *THEORY INTO PRACTICE*. 41(4). 212-264.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
- Lederman, N. G.. (1992, April). Students' and teachers' conceptions about the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(4): 331-359.
- Lederman, N.G. et al.. (2002, August). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(6): 497-521.
- Lonsbury, Justin G.; & Ellis, James D. (2002, January). Science History as a Means to Teach Nature of Science Concepts: Using the Development of Understanding Related to Mechanisms of Inheritance. *Electronic Journal of Science Education*. 7(2). 1-42
- Martin; & et al. (1994). *Teaching Science for All Children*. Boston: Allyn and Bacon.
- Matkins, Juanita Jo; & Randy L. Bell. (2007, April). Awakening the Scientist Inside: Global Climate Change and the Nature of Science in an Elementary Science Methods Course. *Science Teacher Education*. 18(2): 137-163.
- McComas, W. F.. (1998). *The Role and Character of the Nature of Science in Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

- National Science Digital Library (NSDL). (2014). Science Literacy Maps: The Nature of Science. Retrieved Jan 10, 2014, from <http://strandmaps.nsdl.org/?chapter=SMS-CHP-0857>
- National Science Teacher Association (NSTA). (2013). Standards for Science Teacher Preparation. Retrieved May 20, 2013, from <http://www.nsta.org/pdfs/NSTAstandards2003.pdf>
- Schon, D. A.. (1983). *The reflective practitioner: How professions think in action*. New York: Basic Books.
- Schwartz, R. S., N.G.Lederman; & Crawford, B.A.. (2004, July). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*. 88(4): 610-645.
- Sun, Young Kim; & Irving, E. Karen. (2010, February). History of Science as an Instructional Context: Student Learning in Genetics and Nature of Science. *Science Education*. 19(2): 187-215.
- Trowbridge and Bybee. (1996). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy*. 6th ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice – Hall, Inc. A Simon & Schuster Company.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการสร้างเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1.ดร.ชนะวัฒน์ บุญนาค | รองผู้อำนวยการ ฝ่ายวิชาการมัธยม
โรงเรียนจิตรลดา กรุงเทพมหานคร |
| 2.ดร.กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ | อาจารย์ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร |
| 3.ดร.ปริญดา ลิ้มพานนท์ | อาจารย์ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร |
| 4.ดร.กนิษฐา อุ่ณนันต์ | หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 |
| 5.นางวันทนี วรรณรัตน์ | หัวหน้างานวิจัย
ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 |

ภาคผนวก ข

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด
2. แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
3. เกณฑ์ประเมินแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์
4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1
5. เกณฑ์ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ชุดที่ 1
6. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2
7. เกณฑ์ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ชุดที่ 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง โครโมโซม ยีนและสารพันธุกรรม

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ

รหัส-ชื่อรายวิชา ว 30201 ชีววิทยาพื้นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1

เวลา 2 คาบ (คาบละ 50 นาที)

ผู้สอน นายณพคุณ สุขสวัสดิ์

โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2

1. สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่ได้รับ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้แก้ปัญหา ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่อยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม.4-6/1 อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

ว 8.1 ม.4-6/12 จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

3. สาระสำคัญ

เนื้อหาความรู้ : โครโมโซมคือแหล่งบรรจุสารพันธุกรรมที่กำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิต โดยมี DNA เป็นสารพันธุกรรมที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยที่เรียกว่า นิวคลีโอไทด์ บนโครโมโซมมียีนที่เป็นลำดับเบสของนิวคลีโอไทด์บนสายดีเอ็นเอเพื่อควบคุมลักษณะของสิ่งมีชีวิต

ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ : การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเพียงเท่านั้น โดยการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิด ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และนักวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน

4.จุดประสงค์การเรียนรู้

- **ด้านความรู้ (K)** นักเรียนสามารถ
 - 1.อธิบายรูปร่างลักษณะและองค์ประกอบของโครโมโซมได้
 - 2.วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรมได้
- **ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)** นักเรียนสามารถ
 - 1.เลือกและใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
 - 2.ออกแบบและสร้างแบบจำลอง DNA ได้ถูกต้อง
- **ด้านเจตคติ (A)** นักเรียน
 - 1.รับฟังและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
 - 2.แสดงความสนใจในการทำกิจกรรม
 - 3.ตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายจนบรรลุวัตถุประสงค์
- **แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS)** นักเรียนสามารถ
 - 1.แสดงความคิดเห็นถึงความสำคัญของหลักฐานต่อการสร้างข้อสรุปเชิงวิทยาศาสตร์
 - 2.อธิบายได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
 - 3.อธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน
 - 4.อธิบายได้ว่าวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี

5.กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน คาบที่ 1

1. นักเรียนสังเกตรูปโครงสร้างของเซลล์ที่ครูนำเสนอและครูตั้งคำถาม ดังนี้
 - จากรูป เซลล์ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วยโครงสร้างสำคัญ อะไรบ้าง (เยื่อหุ้มเซลล์ นิวเคลียส ไซโทพลาซึม ฯ)
 - จากรูป ภายในนิวเคลียสนักเรียนจะพบโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแท่ง ๆ เรียกว่าอะไร (โครโมโซม)
 - นักเรียนคิดว่าโครโมโซมมีความสำคัญต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอย่างไร (โครโมโซมคือแหล่งบรรจุเก็บสารพันธุกรรมที่ใช้กำหนดลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต)
2. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้เดิม เกี่ยวกับโครโมโซมกับการควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอเนื้อหาสาระ

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้

2. นักเรียนจับคู่กันศึกษาคลิปวิดีโอประวัติการค้นพบแบบจำลองโครงสร้างของ DNA ของวัตสันและคริก แล้วเขียนสรุปสาระสำคัญ ดังนี้

1) แบบจำลอง DNA ของวัตสันและคริก มีลักษณะเป็นอย่างไร

2) อะไรคือสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองของวัตสันและคริกได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย

3) วัตสันและคริกมีอุปนิสัยและลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ในด้านใดบ้าง

3. ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อให้เกิดการอภิปราย ดังนี้

- จากคลิปวิดีโอแบบจำลองโครงสร้าง DNA ที่วัตสันและคริกนำเสนอ มีลักษณะเป็นอย่างไร (ครูอาจสุ่มจากกระดาษคำตอบของนักเรียนขึ้นมาอภิปรายได้)

- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นความรู้ที่มาจากการทดลองเท่านั้นหรือไม่ (บ่งชี้ NOS: การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเพียงเท่านั้น เช่นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ ความบังเอิญการทดลอง การสำรวจและลงข้อสรุป เป็นต้น)

- เพราะเหตุใดแบบจำลองของวัตสันและคริกถึงได้รับการยอมรับมาจนถึงปัจจุบัน (บ่งชี้ NOS : การได้มาซึ่งทฤษฎีแบบจำลองโครงสร้าง DNA ของวัตสันและคริก จำเป็นต้องอาศัยหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิด ทั้งนี้หลักฐานของพวกเขาก็ได้มาจากการรวบรวม สังเกตและลงข้อสรุปจากหลักฐานและข้อมูลจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ซึ่งจะช่วยสนับสนุนแบบจำลองของพวกเขาก็สร้างขึ้นและยังมีการทดลองตรวจสอบจากสังคมวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันความถูกต้อง ทำให้แนวความคิดของพวกเขาเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือในสังคมวิทยาศาสตร์จนมาถึงปัจจุบัน)

- นักเรียนคิดว่าในอนาคตความรู้เรื่องแบบจำลอง DNA ของวัตสันและคริกสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด (บ่งชี้ NOS : ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่จากสังเกตหรือการแปลความใหม่จากชุดข้อมูลเดิมในการอธิบายคุณลักษณะอื่นๆ หรือมีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากขึ้นในการเข้าถึงข้อมูล)

- นักเรียนคิดว่าวัตสันและคริกใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในงานของพวกเขาอย่างไรบ้าง (บ่งชี้ NOS : วัตสันและคริกใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์ในการสร้างแบบจำลองและการอธิบายสมมติฐานต่างๆ)

4. ครูอธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของโครโมโซมและ DNA เพิ่มเติม

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติโดยการแนะนำ

1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียน 7-8 คน ดำเนินกิจกรรมการสกัด DNA จากเยื่อหุ้มข้างแก้ม นักเรียนเลือกและใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ตามคำแนะนำในใบงานที่ 1 ให้ถูกต้องโดยมีครูอำนวยความสะดวกในการดำเนินกิจกรรม

2. นักเรียนบันทึกผลและตอบคำถามท้ายกิจกรรมลงในใบงานที่ 1

ขั้นที่ 4 ขั้นแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ คาบที่ 2

1. ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายหลังกิจกรรม

-สิ่งที่สกัดได้จากเยื่อหุ้มข้างแก้มมีลักษณะเป็นอย่างไร (ลักษณะเป็นเส้นยาวสีขาว)

-นอกจากเยื่อหุ้มข้างแก้มแล้ว เราสามารถสกัด DNA ได้จากส่วนใดอีก (ทุกส่วนที่มีนิวเคลียส เช่น เม็ดเลือดขาว อสุจิ)

-โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรม มีความสัมพันธ์กันอย่างไร (โครโมโซมประกอบด้วย DNA และโปรตีนฮิสโตน อยู่ภายในนิวเคลียส ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกควบคุมโดยยีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ DNA และ DNA ทำหน้าที่เป็นสารพันธุกรรม)

ขั้นที่ 5 ขั้นการฝึกอย่างอิสระ

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มกัน 7-8 คน สร้างแบบจำลอง DNA ตามจินตนาการของนักเรียนบนพื้นฐานของข้อมูลและหลักฐานทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA พร้อมทั้งอธิบายแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นส่งครูในอีก 2 อาทิตย์หน้า

2. เมื่อครบกำหนดนักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานมาจัดแสดงไว้ตามโต๊ะรอบห้อง เพื่อให้ นักเรียนคนอื่นๆ เดินชมผลงานแต่ละกลุ่ม พร้อมกับเขียนแสดงความคิดเห็นลงในกระดาษแสดงความคิดเห็นต่อผลงานของเพื่อนตามแต่ละกลุ่ม โดยนักเรียนแต่ละคนจะมีดาว 1 ดาว เพื่อนำไปติดในการประเมินผลงานให้กับกลุ่มที่นักเรียนคิดว่าสามารถสร้างสรรค์ผลงานได้ดีที่สุดและถูกต้องที่สุด (เทคนิค Gallery walk)

ขั้นที่ 6 ขั้นทบทวนความรู้

1. ครูให้นักเรียนในห้องร่วมกันตอบคำถามดังต่อไปนี้เพื่อทบทวนบทเรียน

-DNA มีลักษณะและโครงสร้างอย่างไร

-โครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ อย่างไร

-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากการทดลองเท่านั้นหรือไม่ อย่างไร

-หลักฐานมีความสำคัญอย่างไรต่อการลงข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์

-นักวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานอย่างไร

6.สื่อการเรียนรู้

- 1.หนังสือเรียน สสวท. ชีววิทยาพื้นฐาน
- 2.Power point ภาพเซลล์สัตว์ และ VDO ประวัติการสร้างแบบจำลองของวัตสันและคริก
- 3.อุปกรณ์ทดลอง
- 4.ใบงานที่ 1

7.การประเมินผล

ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
- อธิบายรูปร่างลักษณะและองค์ประกอบของโครโมโซมได้	-พุดแสดงความคิดเห็น -ออกแบบและสร้างแบบจำลอง DNA ของนักเรียน	-แบบประเมินผลงาน	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ยีน และสารพันธุกรรมได้	-พุดแสดงความคิดเห็น -ตอบคำถามในใบงาน	-ใบงาน	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	-สังเกตพฤติกรรม	-แบบสังเกตพฤติกรรม	ปฏิบัติร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-ออกแบบและสร้างแบบจำลอง DNA ได้ถูกต้อง	-ออกแบบและสร้างแบบจำลอง DNA ของนักเรียน	-แบบประเมินผลงาน	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-รับฟังและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ -แสดงความสนใจในการทำกิจกรรม -ตั้งใจทำงานที่ได้รับมอบหมายจนบรรลุวัตถุประสงค์	-พุดแสดงความคิดเห็น -สังเกตพฤติกรรม	-แบบสังเกตพฤติกรรม	อยู่ในเกณฑ์ดีหรือพอใช้

ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
-แสดงความคิดเห็นถึงความสำคัญ ของหลักฐานต่อการสร้างข้อสรุป เชิงวิทยาศาสตร์ -อธิบายได้ว่าความรู้ทาง วิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลง ได้ -อธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์อาศัย จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ ในการทำงานอย่างไร -อธิบายวิธีการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี	-ศึกษาประวัติวัต สันและคริก -พุดแสดงความ คิดเห็น	-แบบบันทึกหลัง การสอน	-นักเรียนส่วนใหญ่ สะท้อนความคิด ประเด็น NOS ได้ ถูกต้อง

8. บันทึกหลังการสอน

1.ด้านความรู้(K)

.....

.....

.....

2.ด้านทักษะ(P)

.....

.....

.....

3.ด้านเจตคติ(A)

.....

.....

.....

4.แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์(NOS)

.....

.....

ปัญหา อุปสรรคและการแก้ปัญหา

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

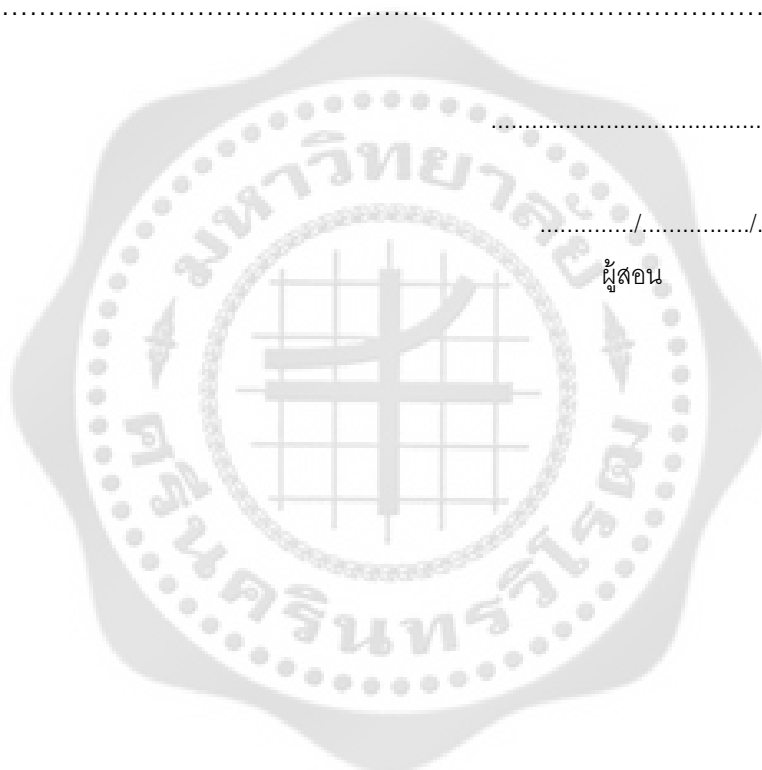
.....

- ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....



.....

...../...../.....

ผู้สอน

แบบสังเกตพฤติกรรม

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง
ที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	รับฟังและทำงาน ร่วมกับผู้อื่นได้			แสดงความสนใจ ในการทำกิจกรรม			ตั้งใจทำงานที่ ได้รับ มอบหมายจน บรรลุ วัตถุประสงค์			ใช้เครื่องมือทาง วิทยาศาสตร์ได้ อย่างถูกต้อง			รวม 12 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10-12	ดี
7-9	พอใช้
ต่ำกว่า 7	ปรับปรุง

ใบงานที่ 1 เรื่องการสกัด DNA จากเยื่อหุ้มข้างแก้ม

อุปกรณ์

- | | | |
|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| 1. น้ำ 250 ml | 4. กลี้อ 1 ช้อนโต๊ะ | 7. สำลีปลายไม้ 2 อัน |
| 2. หลอดทดลองขนาดเล็ก | 5. ethyl alcohol แห้งเย็น 30ml | |
| 3. บีกเกอร์ขนาด 250 ml 1 อัน | 6. น้ำสบู่ หรือ Protease 5 ml | |

ขั้นตอน

1. เทน้ำ 250 ml ลงในบีกเกอร์ จากนั้นเทกลี้อลงไป คนให้เข้ากัน
2. เทสารละลายน้ำกลี้อลงในหลอดทดลอง
3. ใช้สำลีปลายไม้เช็ดที่กระพุ้งแก้มไปมาให้ทั่วๆ จากนั้นนำไปจุ่มที่หลอดทดลองที่มีสารละลายน้ำกลี้ออยู่ให้ได้มากที่สุด
4. หยดน้ำสบู่หรือเอนไซม์ Protease ลงไป เขย่าเบาๆ
5. เอียงหลอดทดลอง 45 องศา แล้วหยด ethyl alcohol แห้งเย็น ลงไปช้าๆ
6. จากนั้นทิ้งไว้ 2-3 นาที สังเกต บันทึกภาพและบันทึกผลการทดลอง

บันทึกผล

คำถามท้ายกิจกรรม

รูปภาพ

1. นักเรียนคิดว่าการหยดน้ำสบู่หรือเอนไซม์ protease มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าการหยด ethyl alcohol มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร

.....

.....

ลักษณะที่สังเกตเห็น.....

.....

โครโมโซม ยีน และดีเอ็นเอ มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

3. นอกจากเยื่อหุ้มข้างแก้มแล้ว เราสามารถสกัด DNA ได้จากส่วนใดอีก

.....

แบบประเมินผลงาน (แบบจำลอง DNA)

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนประเมินผลงานของนักเรียนแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับ

คะแนน

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	เนื้อหา ความถูกต้อง				ความคิด สร้างสรรค์				ตรงเวลา				ผลงานสื่อสารได้ อย่างเข้าใจ				รวม 12
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

- 3 = ดีมาก
2 = ดี
1 = พอใช้
0 = ปรับปรุง

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
10-12	ดี
7-9	พอใช้
ต่ำกว่า 7	ปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม และทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ

รหัส-ชื่อรายวิชา ว30201 ชีววิทยาพื้นฐาน

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1

เวลา 4 คาบ (คาบละ 50 นาที)

ผู้สอน นายณพคุณ สุขสวัสดิ์

โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2

1. สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ แก้ปัญหาว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่อยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม.4-6/1 อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

ว 1.2 ม.4-6/4 อธิบายกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ และผลของการคัดเลือกตามธรรมชาติต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิมซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับ เป็นความรู้ใหม่

3.สาระสำคัญ

เนื้อหาความรู้ : มิวเทนชันเป็นการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในระดับยีนหรือโครโมโซม โดยมิวเทนชันที่เกิดในเซลล์สืบพันธุ์สามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นลูกหลานได้ การแปรผันทางพันธุกรรมทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่เกิดใหม่มีลักษณะที่แตกต่างกันหลากหลายชนิดก่อให้เกิดเป็นความหลากหลายทางชีวภาพ โดยมีกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ ตามทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน ซึ่งเป็นกลไกการเกิดวิวัฒนาการในสิ่งมีชีวิต

ธรรมชาติวิทยาสาสตร์ : กฎและทฤษฎีมีความแตกต่างกัน แต่มีลำดับความสำคัญเท่าเทียมกัน กฎไม่ได้ขึ้นอยู่กับทฤษฎี ทั้งนี้การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี ไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเพียงเท่านั้น โดยความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ และวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม

4.จุดประสงค์การเรียนรู้

- **ด้านความรู้ (K)** นักเรียนสามารถ
 - 1.อธิบายความหมายและสาเหตุของการเกิดมิวเทนชันได้
 - 2.วิเคราะห์แนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการคัดเลือกตามธรรมชาติได้
- **ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)** นักเรียนสามารถ
 - 1.นำเสนอและลงข้อสรุปจากข้อมูลได้
 - 2.อ่านและจับใจความสำคัญประวัติของชาร์ล ดาร์วินได้
- **ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)** นักเรียน
 - 1.รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
 - 2.สามารถแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานความเป็นวิทยาศาสตร์
 - 3.ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
- **แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS)** นักเรียนสามารถ
 - 1.อธิบายความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี
 - 2.อธิบายได้ว่าวิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี
 - 3.อธิบายได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้
 - 4.อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม

5.กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน คาบที่ 1

- นักเรียนพิจารณาภาพข้างเผือกและสิงโตเผือก ครูตั้งคำถามดังนี้
 - นักเรียนเคยเห็นสัตว์ที่มีลักษณะดังกล่าวนี้หรือไม่
 - นอกจากสัตว์เหล่านี้แล้ว ยังมีสิ่งมีชีวิตอื่นที่มีลักษณะเช่นนี้อีกหรือไม่ ยกตัวอย่าง
 - นักเรียนคิดว่าลักษณะผิวเผือกในสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นได้อย่างไร
- นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอเนื้อหาสาระ

- ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้
- ครูตั้งประเด็นคำถาม กระตุ้นความสนใจเพื่อให้เกิดการอภิปราย ดังนี้
 - นักเรียนคิดว่ามิวเทชันเกิดขึ้นได้อย่างไร (มิวเทชันคือการเปลี่ยนแปลงในโมเลกุลของ DNA หรือ การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซม สามารถเกิดขึ้นได้เองในธรรมชาติด้วยอัตราการเกิดต่ำมาก หรืออาจเกิดได้ยาก เนื่องจากความผิดพลาดโดยบังเอิญของการจำลอง DNA หรือการถูกรบกวนจากรังสีในธรรมชาติ การเกิดมิวเทชันโดยการชักนำของสิ่งที่ก่อการกลายหรือมิวทาเจนจะทำให้อัตราการเกิดมิวเทชันสูง ได้แก่ รังสี ไวรัสและสารเคมีบางชนิด)
 - ประโยชน์และโทษของมิวเทชัน มีอะไรบ้าง (ส่วนใหญ่มิวเทชันที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติมักจะทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ดี หรือมีผลเสียต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เช่น กระรอกเผือก หรืองูเผือก ถ้าสัตว์เหล่านี้ดำรงชีวิตในธรรมชาติจะได้รับอันตรายจากศัตรูได้ง่ายเพราะถูกจับกินและเห็นตัวได้ชัด ประโยชน์ของมิวเทชันก่อให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมในประชากรส่งผลให้มีความแปรผันของลักษณะเพิ่มขึ้น)
- ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดมิวเทชัน
- ครูให้นักเรียนศึกษาประวัติของชาร์ล ดาวินจากหนังสือ “สุดยอดนักชีววิทยา” โดย ศ.ดร. สุทัศน์ ยกส้าน มาล่วงหน้า 2 อาทิตย์และบันทึกใจความสำคัญลงในใบงานที่ 2 ตอนที่ 1
- ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสะท้อนความคิดว่า
 - สาระสำคัญของทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ มีใจความว่าอย่างไร (การคัดเลือกโดยธรรมชาติเป็นกระบวนการที่ธรรมชาติเป็นผู้คัดเลือกประชากรที่มีลักษณะเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมสามารถดำรงชีวิตและแพร่พันธุ์ประชากรในรุ่นต่อไปได้ แต่สำหรับประชากรที่มีลักษณะไม่เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมนั้นจะถูกคัดทิ้งและลดจำนวนลงไป ทำให้สิ่งมีชีวิตที่ถูกคัดเลือกไว้เหลืออยู่และเกิด

วิวัฒนาการโดยปรับเปลี่ยนตนเองให้มีลักษณะทางสรีรวิทยา พฤติกรรมและรูปแบบการดำรงชีวิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมจนเกิดการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในเวลาต่อมา)

-ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติมีที่มาจากการทดลองหรือไม่อย่างไร (บ่งชี้ NOS : ทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน ไม่ได้มาจากการทำการทดลองแต่ได้มาจากการสังเกต รวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆของโลก ศึกษาเปรียบเทียบและลงข้อสรุป ทั้งยังอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์และสามารถตรวจสอบได้ จนก่อให้เกิดทฤษฎีการคัดเลือกธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับมาในปัจจุบัน)

-ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมาจากการทดลองเท่านั้นหรือไม่ (บ่งชี้ NOS: วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธีไม่จำเป็นต้องมาจากการทดลองเท่านั้น ตัวอย่างเช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ ความบังเอิญการทดลอง การสังเกตรวบรวมข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น)

-นักเรียนคิดว่าในอนาคตทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน จะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะเหตุใด (บ่งชี้ NOS : ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลใหม่จากสังเกตหลักฐานหรือการแปลความใหม่จากชุดข้อมูลเดิม)

-กฎและทฤษฎีมีความแตกต่างกันอย่างไร (บ่งชี้ NOS: กฎและทฤษฎีเป็นผลผลิตของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญเท่าเทียมกัน แต่มีความแตกต่างกันคือ กฎจะบอกถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนแน่นอน ณ สภาวะใด ๆ และสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้ แต่ทฤษฎีจะอธิบายถึงที่มาหรือเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้น ๆ)

-จากความเชื่อของบางศาสนาเชื่อว่าพระเจ้าเป็นผู้สร้างโลก และสร้างมนุษย์เพศชาย และเพศหญิง นักเรียนคิดว่าทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน สามารถอธิบายแนวความเชื่อนี้ได้หรือไม่อย่างไร (บ่งชี้ NOS : วิทยาศาสตร์ไม่อาจจะอธิบายแนวความเชื่อหรือไม่อาจหักล้างความเชื่อนี้ได้เพราะวิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบได้กับทุกคำถาม โดยเฉพาะเรื่องของความเชื่อ วิญญาณ ศาสนา เป็นต้น)

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติโดยการแนะนำ คาบที่ 2-3

1. ครูดำเนินกิจกรรมถั่วหลากสี โดยให้นักเรียนบันทึกผลลงในใบงานที่ 2 ตอนที่ 2 กิจกรรมมีดังนี้

1.1 ครูให้นักเรียนจับกลุ่ม 4-5 คน โดยให้แบ่งหน้าที่กันทำกิจกรรมคือ 1) ผู้ทำหน้าที่สังเกตและบันทึกผล 1 คน 2) ผู้ดำเนินการเลือกหยิบถั่วโดยใช้ตะเกียบ 2 คน และ 3) ผู้จับเวลา 1 คน

1.2 นักเรียนคัดเลือกถั่ว 3 ชนิด (ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลือง) อย่างละ 20 เมล็ด จากนั้นโรยลงบนหญ้าเทียมให้ทั่วๆ

1.3 ผู้ที่ทำหน้าที่หยิบถั่วหยิบถั่ว วางลงบนกระดาด A 4 โดยจับเวลาในการหยิบถั่ว 20 วินาทีต่อครั้ง

1.4 นักเรียนนับจำนวนถั่วที่เหลือ ว่าแต่ละชนิดเหลือกี่เมล็ด บันทึกผลลงตาราง โดยจำนวนถั่วที่เหลือในครั้งแรกคือ รุ่นที่ 1 (Generation 1) ที่ได้รับการคัดเลือกไว้

1.5 ครูถามคำถามนักเรียนว่า

-นักเรียนมีเหตุผลใดบ้างในการเลือกหยิบถั่วแต่ละชนิด (เป็นสีที่ชอบ, ถั่วสีนั้นสะดวกมากกว่าสีอื่น, ถั่วสีนั้นสามารถหยิบได้ง่าย)

-เพราะเหตุใดนักเรียนจึงไม่เลือกหยิบถั่วสีที่เหลือ (สีถั่วกลมกลืนกับพื้นหญ้า, ถั่วสีนั้นไม่สะดวกตา ฯ)

1.6 ทำซ้ำอีก 4 ครั้งในขั้นตอนที่ 1.3-1.5 บันทึกผลและสร้างเป็นแผนภูมิแท่งแสดงการรอดของสิ่งมีชีวิต

2.ครูสรุปผลการทดลองโดย ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายดังนี้

- ถั่วสีใดที่ได้รับการหยิบออกมากที่สุดและน้อยที่สุด (พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

- เพราะเหตุใดถั่วชนิดนั้นจึงถูกหยิบออกมากที่สุดและน้อยสุด (พิจารณาคำตอบของนักเรียน)

3.ครูอธิบายว่า ถ้าจำนวนถั่วที่เหลือเปรียบเสมือนผู้ที่รอดชีวิตและสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้สอดคล้องกับทฤษฎีชาส์ล ดาร์วิน ที่สามารถนำมาอธิบายได้ว่า ถั่วสีที่เหลือเปรียบเสมือนผู้ที่รอดชีวิตและสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ ธรรมชาติคัดเลือกให้ผู้ที่อยู่รอดคือผู้ที่เหมาะสมที่สุดในสิ่งแวดล้อมนั้นๆ เช่น ลักษณะงอยปากของนกฟินช์ ในบริเวณหมู่เกาะกาลาปากอสที่มี ความแตกต่างกันในแง่ของการกินอาหาร

4.ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มยกตัวอย่างเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือเหตุการณ์เกิดขึ้นในธรรมชาติ 3 เหตุการณ์ ว่ามีเหตุการณ์ใดบ้างที่สอดคล้องกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติและสอดคล้องอย่างไร ลงในใบงานที่ 2 คำถามท้ายบทข้อที่ 6

ขั้นที่ 4 ขั้นแก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ

1.ครูปรับแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนให้ถูกต้อง ในหัวข้อการคัดเลือกตามธรรมชาติของชาส์ล ดาร์วิน โดยยกตัวอย่างการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตบนเกาะกาลาปากอส

2.ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจว่า เพราะเหตุใดตึกแตนไบไม้จึงประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมปัจจุบันและสิ่งที่ทำหน้าที่เป็นตัวคัดเลือกที่เกิดขึ้นในธรรมชาติคืออะไร (เนื่องจากตึกแตนไบไม้ มีลักษณะและรูปร่างที่กลมกลืนกับไม้ซึ่งเป็น

แหล่งที่อาศัยอยู่ จึงประสบความสำเร็จในการดำรงชีวิตเนื่องจากไม่ถูกล่าเป็นอาหาร ผู้ล่าจึงเป็นผู้คัดเลือกที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ)

ขั้นที่ 5 ขั้นการฝึกอย่างอิสระ คาบที่ 4

1.ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดและวาดภาพมนุษย์ในอีก 1,000 ปีข้างหน้าว่ามนุษย์จะมีรูปร่างหน้าตาอย่างไร และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่นักเรียนคิดว่าจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ลงในใบงานที่ 6 ตอนที่ 3 พร้อมกับอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น บนพื้นฐานของการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนได้เรียนไป

2.เมื่อเสร็จครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลงานไปติดที่ผนังห้อง จากนั้นครูแจกสติ๊กเกอร์ดาวให้นักเรียนคนละ 1 ดวง จากนั้นให้นักเรียนเดินดูผลงานแต่ละกลุ่มและตัดสินว่ามนุษย์ในอีก 1,000 ปีข้างหน้าของกลุ่มใดมีความเหมาะสมที่สุด โดยติดสติ๊กเกอร์รูปดาวให้กลุ่มนั้น (1 ดาว = 1 คะแนน) และร่วมแสดงความคิดเห็นลงในผลงานของแต่ละกลุ่ม

3.ครูคัดเลือกผลงานกลุ่มที่ได้คะแนนมากที่สุดและน้อยที่สุดออกมานำเสนอผลงาน ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการอภิปรายผลงานของเพื่อนอย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 6 ขั้นทบทวนความรู้

- สาระสำคัญของทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ มีใจความว่าอย่างไร
- การคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์มีความเหมือนและแตกต่างกันอย่างไร
- กฎและทฤษฎีที่ความแตกต่างกันอย่างไร
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่
- วิธีการใดบ้างทำให้ได้ซึ่งข้อสรุปและความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6.สื่อการเรียนรู้

- 1.หนังสือเรียน สสวท. ชีววิทยาพื้นฐาน
- 2.ภาพสิ่งโตเผือกและช้างเผือก
- 3.หนังสือสุดยอตนักชีววิทยา ของ ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน
- 4.ใบงานที่ 2
- 5.ชุดกิจกรรมถั่วหลากหลายสี

7.การประเมินผล

ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
-อธิบายความหมายและสาเหตุของการเกิดมิวเทชันได้	-พุดแสดงความคิดเห็น	-แบบบันทึกหลังสอน	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-วิเคราะห์แนวคิดของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการคัดเลือกตามธรรมชาติได้	-การตอบคำถามในใบงาน -พุดแสดงความคิดเห็น	-ใบงาน	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-นำเสนอและลงข้อสรุปจากข้อมูลได้ -อ่านและจับใจความสำคัญประวัติของชาร์ล ดาร์วินได้	-พุดแสดงความคิดเห็น -การตอบคำถามในใบงาน	-ใบงาน	ปฏิบัติร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
- รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น -สามารถแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานความเป็นวิทยาศาสตร์ -ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	-พุดแสดงความคิดเห็น -สังเกตพฤติกรรม	-แบบประเมินพฤติกรรม	ปฏิบัติอยู่ในเกณฑ์ดีหรือพอใช้
-อธิบายความแตกต่างระหว่างกฎและทฤษฎี -วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี -ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ -วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม	-ศึกษาประวัติชาร์ล ดาร์วิน -พุดแสดงความคิดเห็น	-แบบบันทึกหลังการสอน	-นักเรียนส่วนใหญ่สะท้อนความคิดประเด็น NOS ได้ในเกณฑ์เข้าใจ

8. บันทึกหลังการสอน

1.ด้านความรู้(K)

.....

.....

.....

2.ด้านทักษะ(P)

.....

.....

3.ด้านเจตคติ(A)

.....

.....

4.แนวคิดเกี่ยวกับบรรพชาตวิทยาศาสตร์(NOS)

.....

.....

ปัญหา อุปสรรคและการแก้ปัญหา

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

- ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

...../...../.....

ผู้สอน

แบบสังเกตพฤติกรรม

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง
ที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	รับฟังความ คิดเห็นของ ผู้อื่น			สามารถแสดง ความคิดเห็น บนพื้นฐาน ความเป็น วิทยาศาสตร์			ทำงานร่วมกับ ผู้อื่นได้			รวม 9 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....

...../...../.....

ผู้ประเมิน..

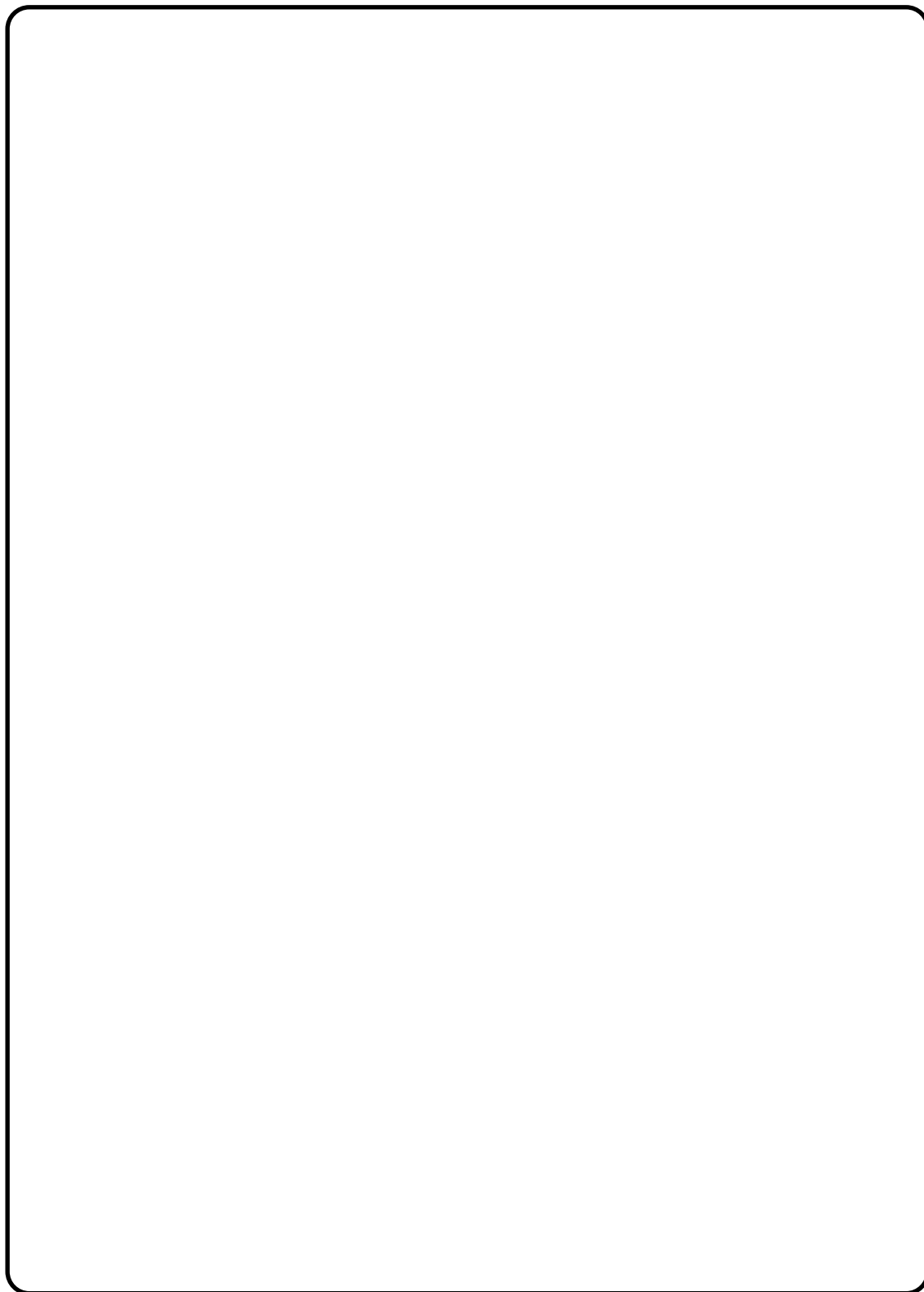
เกณฑ์การให้คะแนน

- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอให้ 3 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้งให้ 2 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้งให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ดี
5-6	พอใช้
ต่ำกว่า 5	ปรับปรุง

ใบงานที่ 2 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมและทฤษฎีการคัดเลือกทางธรรมชาติ

ตอนที่ 1 บันทึกใจความสำคัญจากการอ่านประวัติของชาร์ล ดาร์วิน



ตอนที่ 2 กิจกรรมถั่วหลากสี

คำชี้แจง

- 1.นักเรียนจับกลุ่ม 5 คน โดยให้แบ่งหน้าที่กันทำกิจกรรมคือ ผู้ทำหน้าที่สังเกตและบันทึกผล 1 คน ผู้ดำเนินการเลือกหยิบถั่วโดยใช้ตะเกียบ 2 คน และ ผู้จับเวลา 1 คน
- 2.นักเรียนคัดเลือกถั่ว 3 ชนิด (ถั่วเขียว ถั่วแดง และถั่วเหลือง) อย่างละ 20 เมล็ด จากนั้นโรยลงบนหญ้าเทียมให้ทั่วๆ
3. ผู้ที่ทำหน้าที่หยิบถั่วหยิบถั่ว วางลงบนกระดาษ A 4 โดยให้เวลาในการหยิบถั่ว 20 วินาที
- 4.นักเรียนนับจำนวนถั่วที่เหลือ ว่าแต่ละชนิดเหลือกี่เมล็ดบันทึกผลลงตาราง
- 5.ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 อีก 4 ครั้ง บันทึกผลและสร้างเป็นแผนภูมิแท่งแสดงการรอดของสิ่งมีชีวิต

บันทึกผล

จำนวนครั้งของการทดลอง	จำนวนถั่วที่เหลือ (เมล็ด)		
	ถั่วเขียว	ถั่วแดง	ถั่วเหลือง
ครั้งที่ 1			
ครั้งที่ 2			
ครั้งที่ 3			
ครั้งที่ 4			
ครั้งที่ 5			
รวม			

กราฟ

คำถามท้ายกิจกรรม

1.นักเรียนมีเหตุผลใดบ้างในการเลือกหยิบถั่วแต่ละชนิด

.....

.....

2.เพราะเหตุใดนักเรียนจึงไม่เลือกหยิบถั่วสีที่เหลือ

.....

.....

3.ถั่วสีใดที่ได้รับการหยิบออกมากที่สุดและน้อยที่สุด

.....

.....

4.เพราะเหตุใดถั่วชนิดนั้นจึงถูกหยิบออกมากที่สุดและน้อยที่สุด

.....

.....

5.กิจกรรมนี้เกี่ยวข้องกับอย่างไรกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ

.....

.....

.....

.....

6. ให้นักเรียนยกตัวอย่างเชื่อมโยงกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือเหตุการณ์เกิดขึ้นในธรรมชาติ
3 เหตุการณ์ ว่ามีเหตุการณ์ใดบ้างที่สอดคล้องกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติและสอดคล้อง
อย่างไร

เหตุการณ์ที่ 1

.....

 สอดคล้องอย่างไร.....

.....

เหตุการณ์ที่ 2

.....

 สอดคล้องอย่างไร

.....

เหตุการณ์ที่ 3

.....

 สอดคล้องอย่างไร.....

.....

ตอนที่ 3 ให้นักเรียนวาดภาพและตกแต่งภาพตามจินตนาของนักเรียนว่า ในอีก 1,000 ปีข้างหน้า มนุษย์จะมีรูปร่างหน้าตาเป็นอย่างไร โดยเขียนอธิบายเหตุผลเชิงวิวัฒนาการที่นักเรียนได้เรียนไปประกอบด้วย

เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

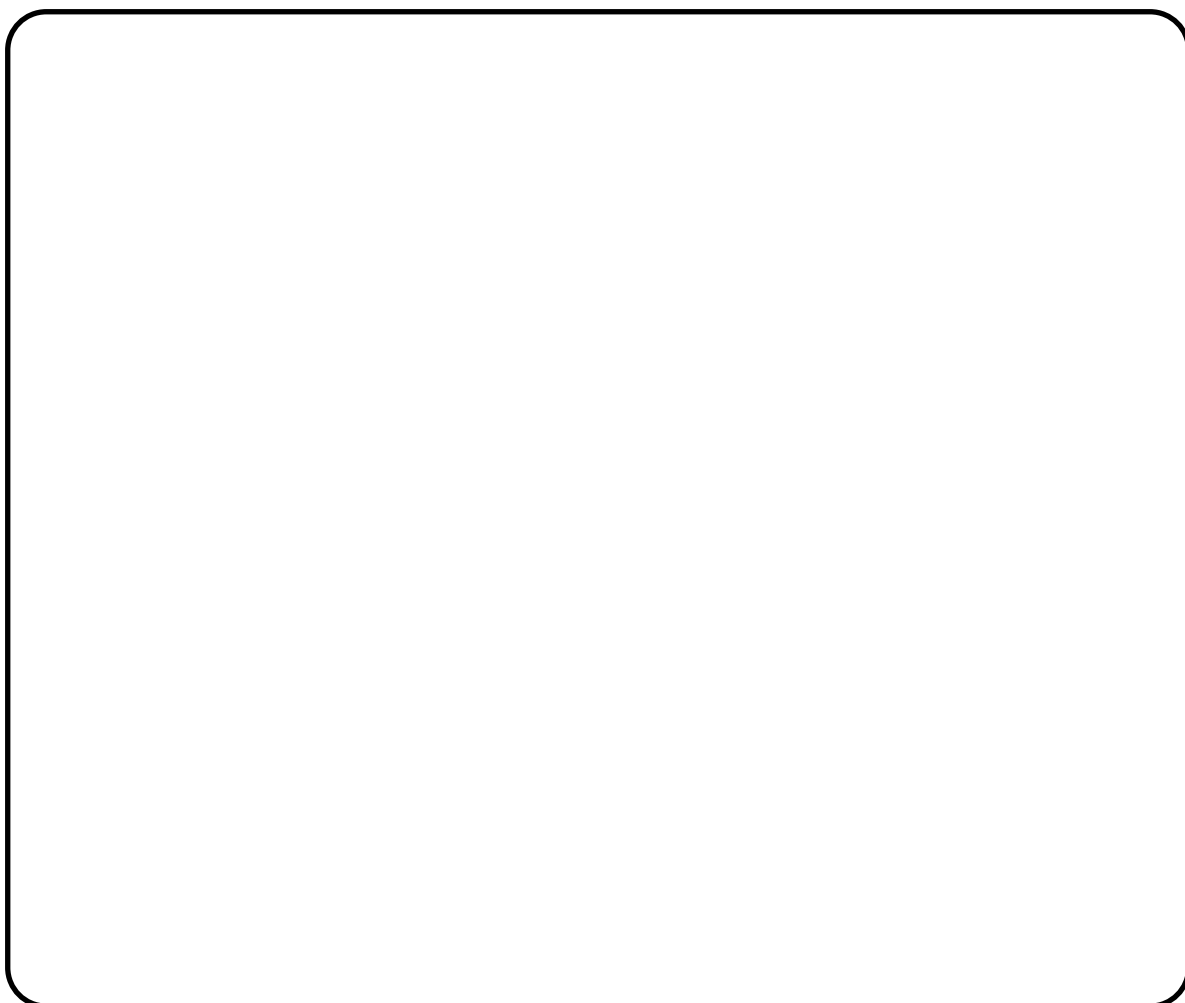
.....

.....

.....

สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นที่นักเรียนคิดว่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมคือ

รูปภาพ



เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ
รหัส-ชื่อรายวิชา ว 30201 ชีววิทยาพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 4 คาบ (คาบละ 50 นาที)
ผู้สอน นายณพคุณ สุขสวัสดิ์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2

1. สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้แก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่อยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ตัวชี้วัด

ว 1.2 ม.4-6/1 อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมการแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

ว 8.1 ม.4-6/5 รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้องครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ว 8.1 ม.4-6/11 บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงหรือค้นคว้าเพิ่มเติม เพื่อหาหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งทำทนายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวัง อันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่

3.สาระสำคัญ

เนื้อหาความรู้ : เทคโนโลยีชีวภาพ คือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับการปรับปรุง พัฒนาและสร้างสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะที่ต้องการ เพื่อให้เกิดประโยชน์กับมนุษยชาติ ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพอาจก่อให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิต เป็นผลมาจากการทำงานของยีน การศึกษางานด้านเทคโนโลยีชีวภาพจึงต้องอาศัยความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสารพันธุกรรม

ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ : วิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบได้ทุกคำถาม โดยเฉพาะเรื่องเหนือธรรมชาติ ความเชื่อและศาสนา โดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม และนักวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน

4.จุดประสงค์การเรียนรู้

- **ด้านความรู้ (K)** นักเรียนสามารถ
 - 1.อธิบายความหมายของเทคโนโลยีชีวภาพได้
 - 2.เปรียบเทียบความแตกต่างของเทคโนโลยีชีวภาพแต่ละกระบวนการได้
 - 3.บอกประโยชน์และโทษของเทคโนโลยีชีวภาพได้
- **ด้านทักษะ / กระบวนการ (P)** นักเรียนสามารถ
 - 1.นำเสนอและลงข้อสรุปจากข้อมูลได้
 - 2.ใช้ทักษะทางภาษาในการได้วาที่ดี
 - 3.แสดงความคิดเห็นเชิงวิทยาศาสตร์ได้
- **ด้านเจตคติ (A)** นักเรียน
 - 1.รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น
 - 2.พอใจในกระบวนการเรียนรู้ภายในห้องเรียน
 - 3.ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
- **แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS)** นักเรียนสามารถ
 - 1.อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม
 - 2.อธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน
 - 3.อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบได้ทุกคำถาม
 - 4.อธิบายได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์

5. กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 ขั้นทบทวนความรู้ประจำวัน คาบที่ 1

1. นักเรียนวิเคราะห์ภาพข่าวเกี่ยวกับการตัดต่อยีนในปลาแซลมอนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อการบริโภค จากนั้นครูตั้งประเด็นคำถาม ดังนี้

-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรกับข่าวดังกล่าว

-นักเรียนคิดว่าการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปลงพันธุกรรมส่งผลอย่างไรกับสิ่งแวดล้อม

2. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ

ขั้นที่ 2 ขั้นนำเสนอเนื้อหาสาระ

1. ครูชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้

2. ครูอธิบายหลักการของเทคโนโลยีชีวภาพและลายพิมพ์ดีเอ็นเอ พร้อมทั้งยกตัวอย่างที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

3. ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อให้เกิดการอภิปรายภายในห้องว่า

-นักเรียนคิดว่าวิธีการใดที่จะสามารถปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคได้มากขึ้น เพราะเหตุใด

-นักเรียนคิดว่าพืช GMOs มีอันตรายต่อการนำไปบริโภคหรือไม่ เพราะเหตุใด

-การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีประโยชน์อย่างไรต่อการขยายพันธุ์และอนุรักษ์พันธุ์พืช

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติโดยการแนะนำ คาบที่ 2-3

1. ครูดำเนินกิจกรรมได้วาทีโดยชี้แจงกติกาในการได้วาที ดังนี้ (กิจกรรมนี้ให้เตรียมล่วงหน้า 2 อาทิตย์)

-ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่มกลุ่มละ 7-8 คน (3 กลุ่มเป็นฝ่ายสนับสนุนและอีก 3 กลุ่มเป็นฝ่ายค้าน)

-ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มจับสลากหัวข้อในการได้วาที มี 3 หัวข้อ คือ 1) GMOs ในประเทศไทย 2) ไครออนิกส์แช่แข็งมนุษย์ เพื่อปลูกชีพมนุษย์ในอนาคต (กรณีศึกษาข่าวการแช่แข็งศพเด็กผู้ป่วยมะเร็ง) และ 3) โคลนนิ่งมนุษย์ทางรอดของมนุษยชาติ

-เมื่อจับสลากแล้ว ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้รับเป็นเวลา 2 อาทิตย์

-เมื่อถึงวันได้วาที ประธานการได้วาทีจะเป็นผู้กำหนดลำดับการพูดและกำหนดเวลาดังนี้

1. หัวหน้าฝ่ายเสนอ พุดน่าน 5 นาที
2. หัวหน้าฝ่ายค้าน พุดน่าน 5 นาที
3. ผู้สนับสนุนฝ่ายเสนอคนที่ 1 พุดน่าน 3 นาที
4. ผู้สนับสนุนฝ่ายค้านคนที่ 1 พุดน่าน 3 นาที
5. ผู้สนับสนุนฝ่ายเสนอคนที่ 2 พุดน่าน 3 นาที
6. ผู้สนับสนุนฝ่ายค้านคนที่ 2 พุดน่าน 3 นาที
7. หัวหน้าฝ่ายค้าน (กล่าวสรุป) พุดน่าน 3 นาที
8. หัวหน้าฝ่ายเสนอ (กล่าวสรุป) พุดน่าน 3 นาที

2. ขณะที่มีการโต้วาที นักเรียนภายในห้องจดบันทึกสาระสำคัญและข้อคิดเห็นของทั้งฝ่ายค้านและฝ่ายสนับสนุนลงในใบงานที่ 3 ตอนที่ 2

3. ครูและนักเรียนแต่ละกลุ่มประเมินการโต้วาทีของกลุ่มอื่นที่ไม่ใช่กลุ่มตัวเอง จากนั้นครูรวบรวมคะแนนและประกาศผลกลุ่มที่ชนะเลิศ

4. ครูและนักเรียนสรุปผลของกิจกรรมโต้วาที โดยครูชี้ให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความสำคัญของหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ และชีวจริยธรรม

ขั้นที่ 4 ขั้น แก้ไขให้ถูกต้อง และการให้ข้อมูลย้อนกลับ คาบที่ 3

1. ครูถามคำถามนักเรียนเพื่อสะท้อนความคิดและแก้ไขความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง ดังนี้

-จากกิจกรรมโต้วาที นักเรียนคิดว่าสังคมและวัฒนธรรมในปัจจุบันมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องอย่างไรกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์” (บ่งชี้ NOS วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่อยู่ภายใต้ระบบสังคมของมนุษย์ ดังนั้นกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จึงอาจได้รับการสนับสนุนหรือถูกขัดขวางด้วยปัจจัยต่าง ๆ ทางสังคม เช่น ประวัติศาสตร์ ศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยม หรือสถานะทางสังคม ตัวอย่างเช่น ความเชื่อในศาสนาและพระเจ้า เป็นต้น เหล่านี้มีผลต่อการคิดแบบวิทยาศาสตร์ของคนในสังคมนั้นๆ ดังนั้น วิทยาศาสตร์ สังคมและวัฒนธรรมส่งผลกระทบซึ่งกันและกันได้ ค่านิยมและความคาดหวังของวัฒนธรรมจะเป็นตัวกำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาวิธีการศึกษาการตีความข้อมูลและสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์คนนั้นยอมรับและเชื่อถือด้วย)

-จากการโต้วาที นักเรียนจะเห็นว่ามีการคัดค้านเรื่องการโคลนนิ่งมนุษย์มากมาย ทั้งนี้เพราะอาจขัดต่อหลักธรรมคำสอนในบางศาสนาและแนวความเชื่อในเรื่องการถือกำเนิดของมนุษย์ นักเรียนคิดว่าวิทยาศาสตร์ตอบคำถามได้ทุกคำถามและอธิบายได้ชัดเจนเกี่ยวกับหลักธรรมคำสอนและความเชื่อได้หรือไม่ (บ่งชี้ NOS วิทยาศาสตร์ไม่อาจตอบคำถามได้ทุกคำถาม โดยเฉพาะเรื่องของศาสนา ความเชื่อ สิ่งปาฏิหาริย์ที่ยากต่อการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัดได้)

-จากกิจกรรมได้ว่าที่ นักเรียนคิดว่าหลักฐานมีความสำคัญอย่างไรต่อแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (บ่งชี้ NOS : ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานมาสนับสนุนแนวคิด ทั้งนี้หลักฐานได้มาจากการรวบรวม สังเกตหรือทดลองและลงข้อสรุปจากการข้อค้นพบต่างๆ ซึ่งหลักฐานจะช่วยสนับสนุนแนวคิดและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ ทำให้แนวความคิดและข้อค้นพบของเป็นที่ยอมรับและเชื่อถือในสังคมวิทยาศาสตร์)

2.ครูและนักเรียนอภิปรายผลกระทบของเทคโนโลยีชีวภาพที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม การดำรงชีวิตของมนุษย์ ศีลธรรมและจรรยาบรรณ

ขั้นที่ 5 ขั้นการฝึกอย่างอิสระ คาบ 4

1.ครูให้นักเรียนจับคู่กันและเลือกสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด ที่ต้องการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมให้มีลักษณะที่ต้องการเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษยชาติโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพวิธีการใดก็ได้ จากนั้นให้นักเรียนตอบคำถามลงในใบงานที่ 3 ตอนที่ 1 ว่า

-สิ่งมีชีวิตที่นักเรียนเลือกปรับเปลี่ยนคืออะไร เพราะเหตุใดจึงเลือกสิ่งมีชีวิตชนิดนี้

-วิธีการที่เป็นไปได้สำหรับการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดนี้คืออะไร เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีนี้

-นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนปรับเปลี่ยนพันธุกรรมนี้ มีประโยชน์อย่างไรต่อมนุษยชาติ

-นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนปรับเปลี่ยนพันธุกรรมนี้ มีผลเสียอย่างไรต่อสมดุลธรรมชาติและระบบนิเวศ

-นักเรียนคิดว่าจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มีผลอย่างไรต่อแนวความคิดของนักเรียน

2.ครูให้นักเรียนแต่ละคู่นำเสนอผลงานโดยการติดที่ผนังรอบห้อง จากนั้นให้สมาชิกภายในห้องชมผลงานคู่ของตน

3.ขณะที่เดินชมผลงานความคิดของเพื่อน ถ้านักเรียนเห็นด้วยกับแนวความคิดของเพื่อให้ได้เครื่องหมายถูก แต่ถ้านักเรียนไม่เห็นด้วยกับแนวความคิดของเพื่อนให้นักเรียนใส่เครื่องหมายกากบาทและให้เหตุผลชี้แจง

4. ครูให้นักเรียนที่เพื่อนเห็นชอบกับแนวความคิดของตนมากที่สุดและน้อยที่สุด ออกมานำเสนอหน้าชั้น ครูและนักเรียนช่วยกันปรับแก้ความคิดให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์

5. ครูอธิบายว่านักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบข้อมูล การตั้งสมมติฐาน ตลอดจนจินตนาการมีผลต่อการค้นหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์และสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (บ่งชี้ NOS)

ขั้นที่ 6 ขั้นทบทวน

- ครูตั้งคำถามนักเรียนเพื่อสรุปบทเรียนว่า
 - เทคโนโลยีชีวภาพคืออะไร และมีวิธีการอย่างไรบ้าง
 - สิ่งมีชีวิต GMOs มีกระบวนการปรับปรุงพันธุกรรมอย่างไร
 - การโคลนนิ่งส่งผลกระทบต่อสมดุระบบนิเวศ
 - ลายพิมพ์ดีเอ็นเอมีประโยชน์อย่างไร
 - จากกิจกรรมได้วาที่นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องอะไรบ้าง

6.สื่อการเรียนรู้

- หนังสือเรียน สสวท. ชีววิทยาพื้นฐาน
- Power point ภาพปลาแซลมอน GMOs
- ใบงานที่ 3

7.การประเมินผล

ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
-อธิบายความหมายและกระบวนการของเทคโนโลยีชีวภาพได้ -เปรียบเทียบความแตกต่างของเทคโนโลยีชีวภาพแต่ละกระบวนการได้ -บอกประโยชน์และโทษของเทคโนโลยีชีวภาพได้	-การได้วาที่ตอบคำถามในใบงาน	-แบบประเมินการได้วาที่ -ใบงาน	-ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-นำเสนอและลงข้อสรุปจากข้อมูลได้ -ใช้ทักษะทางภาษาในการได้วาที่ดี -แสดงความคิดเห็นเชิงวิทยาศาสตร์ได้	-การได้วาที่	-แบบประเมินการได้วาที่	ถูกต้องร้อยละ 70 ถือว่าผ่านเกณฑ์
-รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น -พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ภายในห้องเรียน -ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้	-พูดแสดงความคิดเห็น -สังเกตพฤติกรรม	-แบบสังเกตพฤติกรรม	อยู่ในเกณฑ์ดีหรือพอใช้

ตัวบ่งชี้ / พฤติกรรม	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
-อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม -อธิบายได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม -อธิบายได้ว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ -อธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์ควรคำนึงถึงหลักคุณธรรมและจริยธรรมในการดำเนินงาน	-พุดแสดงความคิดเห็น -การได้วาที	-แบบบันทึกหลังสอน	-นักเรียนส่วนใหญ่สะท้อนความคิดประเด็น NOS ได้

8. บันทึกหลังการสอน

1. ด้านความรู้ (K)

.....

.....

2. ด้านทักษะ (P)

.....

.....

3. ด้านเจตคติ (A)

.....

.....

4. แนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (NOS)

.....

.....

ปัญหา อุปสรรคและการแก้ปัญหา

- ปัญหา/อุปสรรค

.....

- ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

...../...../.....

ผู้สอน



แบบสังเกตพฤติกรรม

คำชี้แจง : ให้ครูผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ลำดับที่	ชื่อ-สกุล	รับฟังความคิดเห็นของผู้เรียนได้			พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ภายในห้องเรียน			ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้			รวม 9 คะแนน
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

..... / /

เกณฑ์การให้คะแนน

- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมอย่างสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
- ปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมบางครั้ง ให้ 1 คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
7-9	ดี
5-6	พอใช้
ต่ำกว่า 5	ปรับปรุง

ใบงานที่ 3 เรื่อง เทคโนโลยีชีวภาพ

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนเลือกสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด ที่ต้องการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมให้มีลักษณะเป็นไปตามที่ต้องการเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษยชาติโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพวิธีการใดก็ได้ แล้ววาดรูปสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นและตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สิ่งมีชีวิตที่นักเรียนเลือกปรับเปลี่ยนคืออะไร เพราะเหตุใดจึงเลือกสิ่งมีชีวิตชนิดนี้

.....

.....

2. วิธีการที่เป็นไปได้สำหรับการปรับเปลี่ยนพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตชนิดนี้คืออะไร เพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีนี้

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนปรับเปลี่ยนพันธุกรรมนี้ มีประโยชน์อย่างไรต่อมนุษยชาติ

.....

.....

.....

4. นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนปรับเปลี่ยนพันธุกรรมนี้ มีผลเสียอย่างไรต่อสมดุลธรรมชาติและระบบนิเวศ

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มีผลอย่างไรต่อแนวความคิดของนักเรียน

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 กิจกรรมไต่ваที

เรื่อง.....

สาระสำคัญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่อง.....

สาระสำคัญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เรื่อง.....

สาระสำคัญ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินการไต่สวน

ชื่อผู้คดี.....

ฝ่ายเสนอ

เกณฑ์	พูดได้ตรง ประเด็น หรือยุติ ที่กำหนด	ภาษาที่ใช้ มีศิลปะใน การพูดโน้มน้าว จิตใจ ผู้ฟัง	บุคลิกลักษณะ ลีลาท่าทาง การใช้ อุปกรณ์และ หลักฐาน สนับสนุนข้อคดี	การเสนอ ข้อเท็จจริงมี เหตุผล อ้างอิงได้ เหมาะสม	การแก้ปัญหา พูดหักล้าง ประเด็นฝ่าย ตรงข้ามได้ดี	รวม คะแนน
ระดับคะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	25 คะแนน
ฝ่ายเสนอหัวหน้าฯ						
ผู้สนับสนุน 1						
ผู้สนับสนุน 2						
หัวหน้าสรุป						

คะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน คะแนนที่ได้ คะแนน

ฝ่ายค้าน

เกณฑ์	พูดได้ตรง ประเด็น หรือยุติ ที่กำหนด	ภาษาที่ใช้ มีศิลปะในการ พูดโน้มน้าว จิตใจผู้ฟัง	บุคลิกลักษณะลีลา ท่าทาง การใช้ อุปกรณ์และหลักฐาน สนับสนุนข้อยุติ	การเสนอ ข้อเท็จจริงมี เหตุผลอ้างอิง ได้เหมาะสม	การแก้ปัญหา พูดหักล้าง ประเด็นฝ่ายตรง ข้ามได้ดี	รวม คะแนน
ระดับคะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	5 คะแนน	25 คะแนน
ฝ่ายค้านหัวหน้าฯ						
ผู้ค้าน 1						
ผู้ค้าน 2						
หัวหน้าสรุป						

คะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน

คะแนนที่ได้ คะแนน

ลงชื่อ.....กรรมการผู้ตัดสิน

(.....)

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้เป็นแบบวัดเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 ข้อ นักเรียนสามารถเขียนตอบคำถามได้อย่างอิสระ ไม่จำกัดเวลา
2. ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นี้เป็นข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นส่วนบุคคลไม่มีถูกหรือผิด และไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนในโรงเรียน
3. โปรดตอบคำถาม**ทุกข้อ** เพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์ครบถ้วน

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบความคิด

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
1.กฎและทฤษฎี คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ทฤษฎีมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่ากฎ เพราะกฎคือทฤษฎีที่ได้รับการพัฒนาแล้ว				
2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้				

ข้อความ (ต่อ)	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องการหลักฐานที่สามารถ ตรวจสอบได้				
4.วิทยาศาสตร์สามารถ ตอบคำถามได้ทุกคำถาม				
5.การแสวงหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์มีทั้งการ สังเกตและการลงข้อสรุป โดยการสังเกตและการลง ข้อสรุปมีความแตกต่างกัน				
6.การทดลองเป็นวิธีการ ทางวิทยาศาสตร์วิธีเดียวที่ ทำให้ได้มาซึ่งความรู้ทาง วิทยาศาสตร์				

ข้อความ (ต่อ)	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
7.วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ไม่จำเป็นต้องอาศัย จินตนาการและความคิด สร้างสรรค์				
8.วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ แยกออกจากสังคม และ วัฒนธรรม				
9.การแสวงหาความรู้ใหม่ ทางวิทยาศาสตร์ของ นักวิทยาศาสตร์ต้อง คำนึงถึงความรู้ใหม่ที่จะ ค้นพบมากกว่าคุณธรรม และจริยธรรม				

เกณฑ์ประเมินแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้เป็นแบบวัดเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 9 ข้อ นักเรียนสามารถเขียนตอบคำถามได้อย่างอิสระ ไม่จำกัดเวลา
2. ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดธรรมชาติวิทยาศาสตร์นี้เป็นข้อมูลที่เป็นความคิดเห็นส่วนบุคคลไม่มีถูกหรือผิด และไม่มีผลต่อการประเมินผลการเรียนในโรงเรียน
3. โปรดตอบคำถามทุกข้อ เพื่อให้ได้คำตอบที่สมบูรณ์ครบถ้วน

คำชี้แจง จงทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนและเขียนอธิบายเหตุผลประกอบความคิด

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
1.กฎและทฤษฎี คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ทฤษฎีมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่ากฎ เพราะกฎคือทฤษฎีที่ได้รับการพัฒนาแล้ว		✓	1.กฎและทฤษฎีเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าเชื่อถือเท่าเทียมกัน 2.กฎจะบอกถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีแบบแผนที่แน่นอน ณ สภาวะใดๆ สามารถอธิบายโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลและสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้ 3.ทฤษฎีจะอธิบายที่มาหรือเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาตินั้นๆ	-ยกตัวอย่างเช่น กฎของเมนเดล อธิบายได้ด้วยทฤษฎีการแบ่งเซลล์ หรือทฤษฎีพลังงานจลน์ของอนุภาคสามารถใช้อธิบายกฎของชาร์ลได้

เกณฑ์ประเมินข้อ 1

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามข้อ 1-3 ได้และยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและสามารถอธิบายขยายความได้อย่างน้อย 1 ข้อ และยกตัวอย่างสอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้อย่างน้อย 1 ข้อ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
2.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้		✓	1.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่จากสังเกต หลักฐานหรือการแปลความใหม่จากชุดข้อมูลเดิม 2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีเครื่องมือที่ทันสมัยหรือมีการตั้งคำถามใหม่ ส่งผลต่อการปรับปรุงและคิดค้นวิธีการใหม่ในการหาคำตอบ ซึ่งการสังเกตครั้งใหม่อาจทำให้ได้ข้อมูลใหม่	ยกตัวอย่างเช่น การพัฒนาแนวคิดแบบจำลองอะตอม, การจัดระบบสิ่งมีชีวิตจากระบบอนุภาคเป็นระบบโดเมน เป็นต้น

เกณฑ์ประเมินข้อ 2

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามข้อ 1 และ 2 ได้ และยกตัวอย่างได้ สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและสามารถอธิบายขยายความได้อย่างน้อย 1 ข้อ และยกตัวอย่างสอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้อย่างน้อย 1 ข้อ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
3.ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่สามารถตรวจสอบได้	✓		-แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ผ่านการวิเคราะห์เพื่อยืนยันความถูกต้อง ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือ ตรวจสอบได้และเป็นที่การยอมรับจากองค์กรหรือสังคมวิทยาศาสตร์	-ยกตัวอย่างเช่นทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติที่ต้องอาศัยการรวบรวมซากฟอสซิลจากทั่วโลกและรูปแบบจอยปากของนกฟินช์เพื่อนำหลักฐานมาสนับสนุนทฤษฎีดังกล่าวให้น่าเชื่อถือ

เกณฑ์ประเมินข้อ 3

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าเห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าเห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -ตอบว่าเห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
4.วิทยาศาสตร์สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม		✓	วิทยาศาสตร์ไม่อาจตอบคำถามได้ทุกคำถาม อย่างสมบูรณ์ โดยเฉพาะเรื่องของศาสนา ความเชื่อ สิ่งปาฏิหาริย์ ไหราศาสตร์ วิญญาณที่ยากต่อการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัดได้	-ยกตัวอย่างเช่น วิทยาศาสตร์ไม่สามารถอธิบายเรื่องผีสังเทวดาได้ วิทยาศาสตร์ไม่สามารถบอกได้ว่ามีเปรตหรือไม่

เกณฑ์ประเมินข้อ 4

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบาย ขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบาย ขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบาย ขยายความ และยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
5.การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งการสังเกตและการลงข้อสรุป โดยการสังเกตและการลงข้อสรุปมีความแตกต่างกัน	✓		1.การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีทั้งการสังเกตและการลงข้อสรุป 2.การหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตและการลงข้อสรุปจะแตกต่างกัน โดยการสังเกตจะให้ข้อมูลที่เป็นหลักฐาน เมื่อผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์จะนำไปสู่การลงข้อสรุปทั้งนี้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่อาศัยการลงข้อสรุปจากหลักฐานที่ได้โดยการสังเกต	ยกตัวอย่างเช่นทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ที่ชาร์ลดาวินอาศัยการสังเกตจากซากฟอสซิล รูปแบบเอ็มบริโอ โดยหลักฐานนำไปสู่การลงข้อสรุปว่ามนุษย์มีวิวัฒนาการมาจากลิง

เกณฑ์ประเมินข้อ 5

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าเห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความ และยกตัวอย่างสอดคล้อง -ตอบว่าเห็นด้วยและสามารถอธิบายขยายความ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าเห็นด้วย ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างสอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -ตอบว่าเห็นด้วย แต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
6.การทดลองด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีเดียวที่ทำให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์		✓	การศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธี ไม่ใช่มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ การต่อยอดความรู้ ความบังเอิญ การทดลองโดยวิธีคิด เป็นต้น	เช่น ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ, แบบจำลอง DNA ของวัตสันและคริก ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์งานวิจัยคนอื่น หรือทฤษฎีของชาร์ลดาวิน โดยการศึกษาฟอสซิล ความหลากหลายทางชีวภาพ นำไปสู่ข้อสรุป

เกณฑ์ประเมินข้อ 6

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
7.วิธีการทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์	☐		การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการควบคู่ไปกับการคิดวิเคราะห์ในการตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลองตรวจสอบข้อมูลต่างๆ	เช่น การสร้างแบบจำลอง DNA ของวัตสันและคริก, แบบจำลองอะตอม, ทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ การคิดวิธีการทดลองเพื่อไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง

เกณฑ์ประเมินข้อ 7

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าเห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตามได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าเห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -ตอบว่าเห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
8.วิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่แยก ออกจากสังคม และวัฒนธรรม		✓	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่ภายใต้ระบบ สังคมของมนุษย์ ดังนั้นกิจกรรมทาง วิทยาศาสตร์จึงอาจได้รับการสนับสนุน หรือถูกขัดขวางด้วยปัจจัยต่าง ๆ ทาง สังคม เช่น ประวัติศาสตร์ ศาสนา วัฒนธรรม ค่านิยม หรือสถานะทาง สังคม ความเชื่อในความรู้วิทยาศาสตร์ แต่เดิม มีผลต่อการคิดแบบวิทยาศาสตร์ ของคนในสังคมนั้นๆ ดังนั้นวิทยาศาสตร์ สังคมและวัฒนธรรมส่งผลกระทบและ เป็นส่วนหนึ่งซึ่งกันและกันได้	ยกตัวอย่างเช่น การ พยายามอธิบาย ปรากฏการณ์ราหูอม จันทร์ ลูกวัว 2 หัว การ พยายามอธิบายเรื่อง รอยพญานาค เป็นต้น

เกณฑ์ประเมินข้อ 8

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยาย ความตาม ได้ถูกต้องและ ยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบาย ขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบาย ขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้ สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถ อธิบายขยายความ และยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

ข้อความ	ความคิดเห็น		เหตุผล	ตัวอย่างประกอบ
	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย		
9.การแสวงหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ต้องคำนึงถึงความรู้ใหม่ที่จะค้นพบมากกว่าคุณธรรมและจริยธรรม		✓	การดำเนินงานต่างๆทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีคุณธรรมและจรรยาบรรณที่ยอมรับโดยทั่วไปมากกว่าความพยายามในการค้นพบสิ่งใหม่ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องทำงานโดยยึดหลักคุณธรรม จริยธรรม โดยเฉพาะในการรายงานผลข้อค้นพบต้องเป็นไปด้วยความซื่อสัตย์ ไม่บิดเบือน	ยกตัวอย่างเช่น การทำการทดลองกับมนุษย์, การรายงานผลตามความจริงไม่บิดเบือน การคำนึงถึงชีวจริยธรรมในการทำโคลนนิ่งมนุษย์

เกณฑ์ประเมินข้อ 9

เข้าใจถูกต้อง (informed)	เข้าใจบางส่วน (adequate)	ไม่เข้าใจ (inadequate)
-ตอบว่าไม่เห็นด้วย -สามารถอธิบาย ขยายความตาม ได้ถูกต้องและยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าไม่เห็นด้วยและ สามารถอธิบายขยายความได้ แต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความได้ แต่สามารถยกตัวอย่างได้สอดคล้อง	-ตอบว่าเห็นด้วย -ตอบว่าไม่เห็นด้วยแต่ไม่สามารถอธิบายขยายความและยกตัวอย่างให้สอดคล้องได้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1 (ก่อนเรียน)
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลาย
ทางชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ที่กระดาษคำตอบ
3. เมื่อนักเรียนอ่านข้อคำถามเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบด้านหลังให้สมบูรณ์

ข้อคำถาม

1.) หญิงตาบอดสีหมู่เลือด A แต่งงานกับชายปกติหมู่เลือด B โดยทั้งสองคนมีแม่หมู่เลือด O จงหาโอกาสที่ชายหญิงคู่นี้จะให้กำเนิดลูกที่ตาบอดสีหมู่เลือด O

2.) “ชายปกติแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกทั้งหมด 3 คน โดยมีลูกชาย 2 คน ป่วยเป็นโรคฮีโมฟีเลีย และลูกสาว 1 คนเป็นพาหะโรคฮีโมฟีเลีย ทั้งนี้ลูกชายไปแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคทาลัสซีเมียจนได้ลูก 2 คน เป็นลูกชาย 1 คน ลูกสาว 1 คน ทั้งคู่ป่วยเป็นฮีโมฟีเลีย” จากข้อความต่อไปนี้ จงสร้างพงศาวลีอธิบายความสัมพันธ์พร้อมทั้งระบุจีโนไทป์ให้ถูกต้อง

3.) จงบอกความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส

4.) จงประเมินข้อความต่อไปนี้ว่า ข้อความใดสมบูรณ์ที่สุดด้วยเหตุผลและหลักการที่ว่าด้วยทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน เพราะเหตุใด

ก. บรรพบุรุษตั๊กแตนใบไม้ที่สามารถปรับตัวและการพรางตัวให้กลมกลืนกับใบไม้ได้ ทำให้รอดจากศัตรูผู้ล่า และส่งทอดความแปรผันทางพันธุกรรมนั้นมารุ่นต่อไป จนเกิดเป็นตั๊กแตนใบไม้ในยุคปัจจุบันที่มีลักษณะเหมือนใบไม้

ข. ในปัจจุบันยีราฟมีคอยาวเพราะในอดีตบรรพบุรุษของยีราฟมีคอสั้น แต่ลักษณะการหาอาหารในที่สูงทำให้ยีราฟมีการปรับตัวโดยการยืดคอและเขย่งขาเพื่อหาอาหารตลอดเวลาตามธรรมชาติ ลักษณะที่เพิ่มขึ้นมานี้ ทำให้ส่งทอดลักษณะนั้นมาจนถึงปัจจุบัน

5.) จงทำเครื่องหมายถูกหน้าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในความคิดของนักเรียน ในการพัฒนาข้าวหอมมะลิไทยให้สามารถต้านทานโรคพืชได้มากขึ้น พร้อมกับให้เหตุผลประกอบ

☐ การโคลนนิ่ง

☐ พันธุวิศวกรรม

☐ การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี

เกณฑ์ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 1
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลาย
ทางชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
 - 2.ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ที่กระตาดำตอบ
 - 3.เมื่อนักเรียนอ่านข้อคำถามเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบ
- ด้านหลังให้สมบูรณ์

ข้อคำถาม

1.) หญิงตาบอดสีหมู่เลือด A แต่งงานกับชายปกติหมู่เลือด B โดยทั้งสองคนมีแม่หมู่เลือด O จงหาโอกาสที่ชายหญิงคนนี้จะให้กำเนิดลูกที่ตาบอดสีหมู่เลือด O

แนวการตอบคำถาม

ขั้นที่ 1 คิดจิตใจไปของพ่อและแม่จากความสัมพันธ์ที่โยทยีให้มา (B=ปกติ, b = โรคตาบอดสี)

ชาย หญิง

$X^B Y BO \times X^b X^b AO$ (จากโจทย์บอกว่าทั้งสองคนมีแม่หมู่เลือด O ดังนั้นหมู่เลือดของ
ทั้งฝ่ายชายและหญิงจึงเป็นแบบ Heterozygous)

ขั้นที่ 2 เมื่อทราบจีโนไทป์พ่อแม่แล้ว ทำการคิดโอกาสของลูกที่จะเกิดขึ้นโดยใช้กฎความน่าจะเป็นและการคิดแบบ dihybrid

ชาย หญิง

$$X^B Y BO \quad x \quad X^b X^b \quad AO$$

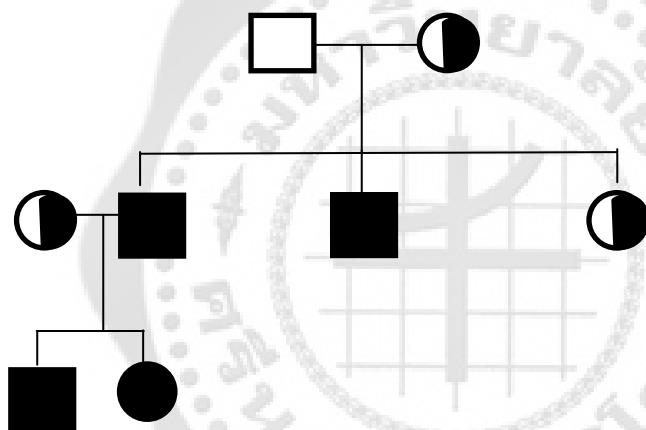
$X^B Y$	$\times$	$X^b X^b$					
$X^B X^b$		$X^B X^b$	$X^b Y$	$X^b Y$	BB	BO	BO
							OO

โอกาสที่จะได้ลูกตาบอดสีหมู่เลือด O คือ $X^b Y OO = \frac{2}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$

รายการประเมิน	คะแนน
• บอกได้ว่าพ่อแม่มีจีโนไทป์แบบใด และหาโอกาสการเกิดลูกได้ถูกต้อง	2
• บอกได้ว่าพ่อแม่มีจีโนไทป์แบบใด แต่หาโอกาสการเกิดลูกไม่ถูกต้อง	1
• คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

2.) “ชายปกติแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคฮีโมฟีเลีย มีลูกทั้งหมด 3 คน โดยมีลูกชาย 2 คน ป่วยเป็นโรคฮีโมฟีเลีย และลูกสาว 1 คนเป็นพาหะโรคฮีโมฟีเลีย ทั้งนี้ลูกชายไปแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคทาลัสซีเมียจนได้ลูก 2 คน เป็นลูกชาย 1 คน ลูกสาว 1 คน ทั้งคู่ป่วยเป็นฮีโมฟีเลีย” จากข้อความต่อไปนี้ จงสร้างพงศาวรีอธิบายความสัมพันธ์ให้ถูกต้อง

แนวการตอบคำถาม



รายการประเมิน	คะแนน
• เขียนพงศาวรีได้ถูกต้องทั้งหมด	2
• เขียนพงศาวรีได้ถูกต้องครึ่งหนึ่ง	1
• คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

3.) จงบอกความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และไมโอซิส

แนวทางการตอบคำถาม

-การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ที่เกิดขึ้นที่เซลล์ร่างกายทั่วไปเพื่อการเจริญเติบโตและการซ่อมแซมส่วนต่างๆของร่างกาย ส่วนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ที่เกิดขึ้นที่อวัยวะและรังไข่เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ (สเปิร์มและเซลล์ไข่)

-การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์จาก 1 cell จนได้เซลล์ใหม่ 2 cell โดยเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้นมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม ไม่เปลี่ยนแปลง แต่การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์จาก 1 cell จนได้เซลล์ใหม่ 4 cell ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่ง

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
• ตอบถูกทั้ง 2 ประเด็น	2
• ตอบถูกเพียง 1 ประเด็น	1
• คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

4.) จงประเมินข้อความต่อไปนี้ว่า ข้อความใดสมบูรณ์ที่สุดด้วยเหตุผลและหลักการที่สอดคล้องกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน เพราะเหตุใด

ก. บรรพบุรุษตั๊กแตนใบไม้ที่สามารถปรับตัวและการพรางตัวให้กลมกลืนกับใบไม้ได้ ทำให้ออกจากศัตรูผู้ล่า และส่งทอดความแปรผันทางพันธุกรรมนั้นมารุ่นต่อไป จนเกิดเป็นตั๊กแตนใบไม้ในยุคปัจจุบันที่มีลักษณะเหมือนใบไม้

ข. ในปัจจุบันยีราฟมีคอยาวเพราะในอดีตบรรพบุรุษของยีราฟมีคอสั้น แต่ลักษณะการหาอาหารในที่สูงทำให้ยีราฟมีการปรับตัวโดยการยืดคอและเขย่งขาเพื่อหาอาหารตลอดเวลาตามธรรมชาติ ลักษณะที่เพิ่มขึ้นมานี้ ถ่ายทอดลักษณะนั้นมาจนถึงปัจจุบัน

แนวทางการตอบคำถาม

ข้อความที่สอดคล้องที่สุดคือข้อความ ก. เพราะตั๊กแตนประสบความสำเร็จในการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมรอบๆตัว โดยทำให้ตัวเองมีลักษณะรูปร่าง สี กลมกลืนกับที่อยู่อาศัย จึงมักรอดจากผู้ล่า โดยผู้ล่าทำหน้าที่เป็นตัวคัดเลือกโดยธรรมชาติ ลักษณะที่เหมาะสมนี้ทำให้ตั๊กแตนอยู่รอดได้และจะถ่ายทอดลักษณะเหล่านี้ต่อไปยังลูกหลานต่อไป สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นด้านอาหาร ที่อยู่ อาศัย หรือศัตรู ตามแต่ละสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ หากสิ่งมีชีวิตกลุ่มนั้นปรับตัวได้สำเร็จจะทำให้ประชากรกลุ่มใหม่นั้น (ลูกหลานของสิ่งมีชีวิตนั้น) ที่เกิดขึ้น สะสมลักษณะที่แปรผันไปจนมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มเดิม (เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ) จนกระทั่งไม่สามารถผสมพันธุ์กับกลุ่มเดิมหรือกลุ่มอื่นๆได้อีก จนเกิดเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่หรือสปีชีส์ใหม่ พร้อมกับมีกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากการปรับตัวพันธุกรรม (genetic adaptation) ให้เข้ากับสภาพอาหารและสภาพแวดล้อม

ส่วนข้อความ ข ไม่สอดคล้องเพราะเป็นการกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของร่างกายเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อม โดยอวัยวะใดที่ถูกใช้งานอยู่เสมอจะมีการพัฒนาขึ้นให้มีขนาดใหญ่ อวัยวะใดที่ไม่ได้ใช้งานจะค่อยๆ หดหายไปหรือเสื่อมสภาพไป ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงว่าธรรมชาติคัดเลือกผู้ที่มีลักษณะเหมาะสมนี้อย่างไรในการดำรงเผ่าพันธุ์ต่อ

คำสำคัญ : การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ความแปรผันทางพันธุกรรม
เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม การปรับตัวที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสะสมลักษณะความแปรผันนั้นที่เหมาะสมนี้ทำให้ตักแต่นอยู่รอดได้และจะถ่ายทอดลักษณะเหล่านี้ต่อไปยังลูกหลานต่อไปจนเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมจนทำให้สิ่งมีชีวิตต่างไปจากเดิมและเกิดสปีชีส์ใหม่ โดยมีกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติเข้ามาเกี่ยวข้องเกิดและอธิบายข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไรถูกต้อง และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันครบทั้ง 3 คำ	3
- อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม การปรับตัวที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสะสมลักษณะความแปรผันนั้นที่เหมาะสมนี้ทำให้ตักแต่นอยู่รอดได้และจะถ่ายทอดลักษณะเหล่านี้ต่อไปยังลูกหลานต่อไปจนเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมทำให้สิ่งมีชีวิตต่างไปจากเดิมและเกิดสปีชีส์ใหม่ แต่ไม่ได้กล่าวถึงการคัดเลือกโดยธรรมชาติ และไม่อธิบายว่าข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไร และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันครบทั้ง 2 คำ - อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม การปรับตัวที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสะสมลักษณะความแปรผันนั้นที่เหมาะสมนี้ทำให้ตักแต่นอยู่รอดได้ซึ่งเป็นผลมาจากการคัดเลือกทางธรรมชาติและอธิบายว่าข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไรถูกต้อง และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันครบทั้ง 2 คำ	2
- อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม - อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะมีกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติที่ทำให้สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวให้เหมาะสมกับการดำรงชีวิต - อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะตักแต่นมีการแปรผันทางพันธุกรรมที่เป็นยีนที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิต	1
คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

5.) จงทำเครื่องหมายถูกหน้าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในความคิดของนักเรียน ในการพัฒนาข้าวหอมมะลิไทยให้สามารถต้านทานโรคพืชได้มากขึ้น พร้อมกับให้เหตุผลประกอบ

☐ การโคลนนิ่ง

☐ พันธุวิศวกรรม

☐ การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี

แนวทางการตอบคำถาม

-พันธุวิศวกรรม เพราะเป็นกระบวนการที่ได้นำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ นำมาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยน, ตัดแต่งยีน, เคลื่อนย้าย, และ ตรวจสอบสารพันธุกรรมหรือยีน โดยนำยีนต้านโรคพืชใส่เข้าไปในพันธุ์ข้าวหอมมะลิ เพื่อสร้างพันธุ์ข้าวหอมมะลิที่สามารถต้านทานโรคได้ตามที่ต้องการ (GMOs) ช่วยลดการนำเข้าเสียของพันธุ์ข้าวได้ (คำสำคัญคือ การตัดแต่งยีน)

-การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี เพราะการฉายรังสีทำให้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนในพันธุ์ข้าวหอมมะลิ ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรม หรือทำให้เกิดการขาดของโครโมโซม ทำให้ได้ลักษณะพันธุ์ใหม่ๆ ขึ้นมาได้ (คำสำคัญคือ การเปลี่ยนแปลงระดับยีน)

-การโคลนนิ่ง ไม่อาจทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะใหม่หรือแตกต่างไปจากเดิมได้ จึงไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมมะลิ

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
- อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการพันธุวิศวกรรม พบคำสำคัญ - อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี พบคำสำคัญ	2
- อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการพันธุวิศวกรรม แต่ไม่พบคำสำคัญ - อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี แต่ไม่พบคำสำคัญ	1
คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

6.) จงสร้างไดโคโตมัสคีย์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้

สิ่งมีชีวิต : แบคทีเรีย ปลาหางนกยูง ปู กบ นก สุนัข

แนวทางการตอบคำถาม

แบบที่ 1	1	a	สิ่งมีชีวิต พวก Prokaryote	แบคทีเรีย
		b	สิ่งมีชีวิต พวก Eukaryote	ข้อ 2
	2	a	มีกระดูกสันหลัง	ข้อ 3
		b	ไม่มีกระดูกสันหลัง	ปู
	3	a	มีเกล็ด	ปลาหางนกยูง
		b	ไม่มีเกล็ด	ข้อ 4
	4	a	ผิวหนังชื้น	กบ
		b	ผิวหนังไม่ชื้น	ข้อ 5
	5	a	ขนแบบขนนก	นก
		b	ขนแบบสั้น	สุนัข
แบบที่ 2	1	a	สิ่งมีชีวิต พวก Prokaryote	แบคทีเรีย
		b	สิ่งมีชีวิต พวก Eukaryote	ข้อ 2
	2	a	สัตว์น้ำ	ข้อ 3
		b	สัตว์บก	ข้อ 4
	3	a	มีเกล็ด	ปลาหางนกยูง
		b	ไม่มีเกล็ด	ข้อ 5
	4	a	ขนแบบขนนก	นก
		b	ขนแบบสั้น	สุนัข
	5	a	มีกระดูก	ปู
		b	ไม่มีกระดูก	กบ

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
สร้างไดโคโตมัสคีย์ได้ถูกต้อง โดยใช้ลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตในการจัดจำแนกได้ถูกต้องทุกลักษณะ	2
สร้างไดโคโตมัสคีย์ได้ถูกต้อง โดยใช้ลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตในการจัดจำแนกได้ถูกต้อง 2 ลักษณะขึ้นไป	1
คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0



7.) จงวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์ดังภาพส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

แนวทางการตอบคำถาม

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเกิดมิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม โดยโครโมโซมมีขนาดหดสั้นลง อาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนที่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยโปรตีนบางชนิดทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อ บางชนิดเป็นเอนไซม์ควบคุมเมแทบอลิซึมจึงทำให้สิ่งมีชีวิตอาจมีลักษณะผิดปกติไป ทั้งนี้การเกิดมิวเทชันที่เซลล์สืบพันธุ์จะทำให้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้

คำสำคัญ : มิวเทชัน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม การสังเคราะห์โปรตีน ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
- อธิบายได้ว่าภาพดังกล่าวเกิดจากการมิวเทชันในระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้ - มีคำสำคัญหรือคำที่มีความหมายใกล้เคียง 4 คำ	2
- อธิบายได้ว่าภาพดังกล่าวเกิดจากการมิวเทชันในระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน แต่ไม่ได้บอกว่าการผิดปกตินี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้ - มีคำสำคัญหรือคำที่มีความหมายใกล้เคียง 2 คำขึ้นไป	1
คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

8.) “....การเปลี่ยนแปลงจำนวนเบสของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจนทำให้เกิดมิวเทชัน จะทำให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นไม่เกิดการวิวัฒนาการต่อไป.....” นักเรียนเห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวหรือไม่อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ)

แนวทางการตอบคำถาม

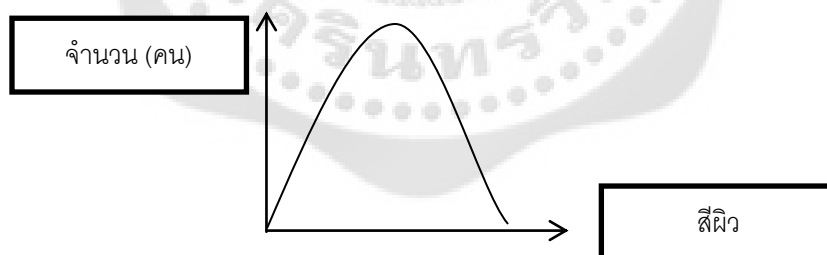
ไม่เห็นด้วย เพราะโดยทั่วไปการเกิดมิวเทชันจะนำมาซึ่งลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้มิวเทชันเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป และลักษณะเหล่านี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ มีผลทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม เกิดสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆอย่างหลากหลายซึ่งนำไปสู่การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
• ตอบได้ว่าไม่เห็นด้วยเพราะการเกิดมิวเทชันทำให้ได้สิ่งมีชีวิตเกิดความหลากหลายและนำไปสู่วิวัฒนาการได้	1
• คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

9.) จงเขียนกราฟที่ควรจะเป็นเมื่อทำการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมด้านสีผิวของประชากรหญิง 1,000 คน พร้อมระบุชื่อแกน X และ แกน Y ให้ถูกต้อง

แนวทางการตอบคำถาม



รายการประเมิน	คะแนน
• ระบุชื่อแกน X ถูกต้อง ,แกน Y ถูกต้อง และวาดกราฟถูก	2
• ระบุชื่อแกน X ถูกต้อง ,แกน Y ถูกต้อง แต่วาดกราฟไม่ถูกต้อง	1
• คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

10.) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบสในโมเลกุลของ DNA ในสิ่งมีชีวิต ปริมาณเบสที่พบทั้ง 4 ชนิด มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีแบบจำลองโครงสร้าง DNA ของวัตสันและคริก อย่างไร

ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ชนิดของเบส (ร้อยละ)				อัตราส่วน	
	อะดีนีน (A)	ไทมีน (T)	กวานีน (G)	ไซโทซีน (C)	A : T	G : C
ยีสต์	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
แมลงหวี่	27.3	27.6	22.5	22.5	0.99	1.00
ผึ้ง	34.4	33.0	16.2	16.4	1.04	0.99
เม่นทะเล	32.8	32.1	17.7	18.4	1.02	0.96
ปลาแซลมอน	29.7	29.1	20.8	20.4	1.02	1.02
หนู	28.6	28.4	21.4	21.5	1.01	1.00
คน (เซลล์ตับ)	30.7	31.2	19.3	18.8	0.98	1.03

แนวทางการตอบคำถาม

ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดปริมาณของเบสใน DNA จะมีปริมาณแตกต่างกัน โดยปริมาณเบสอะดีนีน (A) จะใกล้เคียงกับเบสไทมีน (T) และเบสไซโทซีน (C) จะใกล้เคียงกับเบสกวานีน (G) ทั้งนี้จากการอธิบายแบบจำลองดีเอ็นเอของวัตสันและคริก ได้อธิบายว่าเบสดังกล่าวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีนด้วยพันธะสาม ($A=T$, $G \equiv C$)

เกณฑ์การให้คะแนน

รายการประเมิน	คะแนน
บอกได้ว่า ปริมาณเบสในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดแตกต่างกัน โดยปริมาณเบสอะดีนีน (A) จะใกล้เคียงกับเบสไทมีน (T) และเบสไซโทซีน (C) จะใกล้เคียงกับเบสกวานีน (G) เบสดังกล่าวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีนด้วยพันธะสาม ($A=T$, $G \equiv C$)	2
- เบสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีน และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีน ($A=T$, $G \equiv C$) - ปริมาณเบสอะดีนีน (A) จะใกล้เคียงกับเบสไทมีน (T) และเบสไซโทซีน (C) จะใกล้เคียงกับเบสกวานีน (G) - เบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีนด้วยพันธะสาม ($A=T$, $G \equiv C$)	1
คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	0

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2
หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลาย
ทางชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ที่กระดาษคำตอบ
3. เมื่อนักเรียนอ่านข้อคำถามเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบด้านหลังให้สมบูรณ์

ข้อคำถาม

1.) พ่อและแม่มีหมู่เลือด B และไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย แต่ลูกที่เกิดมามีหมู่เลือด O และเป็นโรคฮีโมฟีเลีย โอกาสที่ลูกคนต่อไปจะมีหมู่เลือด B และเป็นโรคเป็นเท่าใด

2.) “ชายปกติแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคตาบอดสี มีลูกทั้งหมด 3 คน โดยมีลูกชาย 2 คน ป่วยเป็นโรคตาบอดสี และลูกสาว 1 คนเป็นพาหะโรคตาบอดสี ทั้งนี้ลูกชายไปแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคตาบอดสีจนได้ลูก 2 คน เป็นลูกชาย 1 คน ลูกสาว 1 คน ทั้งคู่ป่วยเป็นตาบอดสี” จากข้อความต่อไปนี้ จงสร้างพงศาวลีอธิบายความสัมพันธ์พร้อมทั้งระบุจีโนไทป์ให้ถูกต้อง

3.) จงบอกความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ระยะ Anaphase ในไมโทซิส และระยะ Anaphase I ไมโอซิส

4.) จงประเมินข้อความต่อไปนี้ว่า ข้อความใดสมบูรณ์ที่สุดด้วยเหตุผลและหลักการที่ว่าด้วยทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน เพราะเหตุใด

ก. โลกเกิดมานานหลายพันล้านปีและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป ถ้าเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่แยกออกจากกันตามสมมติฐานที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตน่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นกัน

ข. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในรุ่นนั้น สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นหลายได้ทุกลักษณะ

5.) จงทำเครื่องหมายถูกหน้าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในความคิดของนักเรียน ในการพัฒนามะละกอไทยให้สามารถต้านทานโรคพืชได้มากขึ้น พร้อมกับให้เหตุผลประกอบ

☐ การโคลนนิ่ง

☐ พันธุวิศวกรรม

☐ การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี

6.) จงสร้างไดโคโตมัสคีย์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้

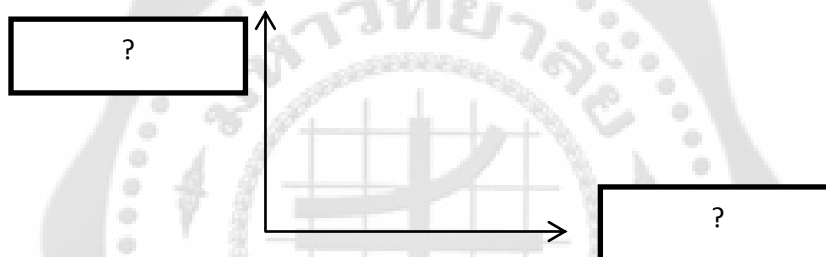
สิ่งมีชีวิต : สหราชอาณาจักร เกม น้ำเงิน กุ้ง ปลา กัด กบ ไก่ แมว



7.) จงวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าว จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

8.) “...การเกิดมิวเทชันระดับยีนและโครโมโซม ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะผิดปกติไป จนทำให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นไม่เกิดการวิวัฒนาการ...” นักเรียนเห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

9.) จงเขียนกราฟที่ควรจะเป็นเมื่อทำการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมด้านความสูง (cm) ของประชากรชาย 1,000 คน พร้อมระบุชื่อแกน X และ แกน Y ให้ถูกต้อง



10.) สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีปริมาณเบสที่พบในโมเลกุลของ DNA ดังนี้ เบสอะดีนีนร้อยละ 30 เบสไทมีนร้อยละ 30 เบสกวานีนร้อยละ 20 และเบสไซโทซีนร้อยละ 20 จงอธิบายว่าปริมาณเบสทั้ง 4 ชนิดที่พบ มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีแบบจำลองโครงสร้าง DNA ของวัตสันและคริก อย่างไร

~~~~~

**เกณฑ์ประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ชุดที่ 2**  
**หน่วยการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและความหลากหลาย**  
**ทางชีวภาพ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**คำชี้แจง**

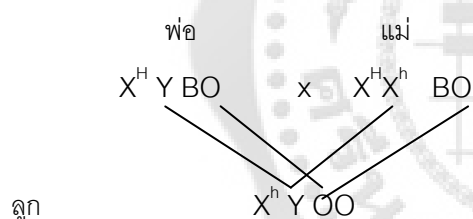
1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย จำนวน 10 ข้อ เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ-นามสกุล เลขที่ ห้องเรียน ที่กระดาษคำตอบ
3. เมื่อนักเรียนอ่านข้อคำถามเสร็จแล้ว ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบ ด้านหลังให้สมบูรณ์

**ข้อคำถาม**

1.) พ่อและแม่มีหมู่เลือด B และไม่เป็นโรคฮีโมฟีเลีย แต่ลูกชายที่เกิดมามีหมู่เลือด O และเป็นโรคฮีโมฟีเลีย โอกาสที่ลูกคนต่อไปจะมีหมู่เลือด B และเป็นโรคเป็นเท่าใด

**แนวการตอบคำถาม**

ขั้นที่ 1 คิดจึโนไทป์ของพ่อและแม่จากความสัมพันธ์ที่โจทย์ให้มา (H=ปกติ, h = เป็นโรคฮีโมฟีเลีย)



ขั้นที่ 2 เมื่อทราบจึโนไทป์พ่อและแม่แล้ว ทำการคิดลักษณะของลูกที่จะเกิดขึ้นโดยใช้กฎความน่าจะเป็น และการคิดแบบ dihybrid

| พ่อ        |           |         |         |          | แม่          |          |      |      |
|------------|-----------|---------|---------|----------|--------------|----------|------|------|
| $X^H Y BO$ |           |         |         | $\times$ | $X^H X^h BO$ |          |      |      |
|            |           |         |         |          |              |          |      |      |
| $X^H Y$    |           |         |         | $\times$ | $X^H X^h$    |          |      |      |
|            |           |         |         |          | $BO$         | $\times$ | $BO$ |      |
|            |           |         |         |          |              |          |      |      |
| $X^H X^H$  | $X^H X^h$ | $X^H Y$ | $X^h Y$ |          | $BB$         | $BO$     | $BO$ | $OO$ |

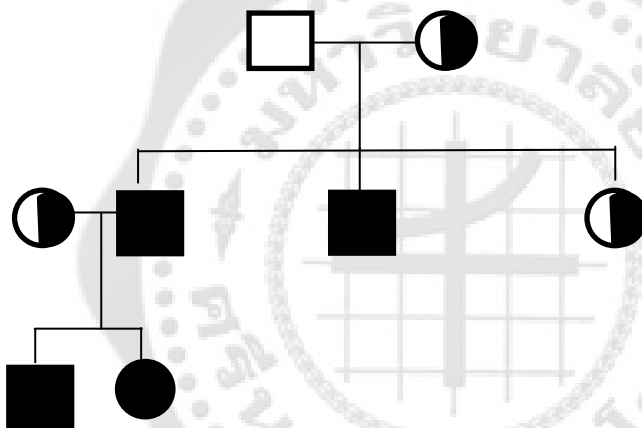
$$\text{โอกาสที่จะได้ลูกที่เป็นโรค หมู่เลือด B คือ } X^h Y B\_ = \frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$$

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                   | คะแนน |
|-----------------------------------------------------------------|-------|
| • บอกได้ว่าพ่อแม่มีจีโนไทป์แบบใด และหาโอกาสการเกิดลูกได้ถูกต้อง | 2     |
| • บอกได้ว่าพ่อแม่มีจีโนไทป์แบบใด แต่หาโอกาสการเกิดลูกไม่ถูกต้อง | 1     |
| • คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม                  | 0     |

2.) “ชายปกติแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคตาบอดสี มีลูกทั้งหมด 3 คน โดยมีลูกชาย 2 คน ป่วยเป็นโรคตาบอดสี และลูกสาว 1 คนเป็นพาหะโรคตาบอดสี ทั้งนี้ลูกชายไปแต่งงานกับหญิงที่เป็นพาหะโรคตาบอดสีจนได้ลูก 2 คน เป็นลูกชาย 1 คน ลูกสาว 1 คน ทั้งคู่ป่วยเป็นตาบอดสี” จากข้อความต่อไปนี้ จงสร้างพงศาวรีอธิบายความสัมพันธ์ให้ถูกต้อง

แนวการตอบคำถาม



เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                  | คะแนน |
|------------------------------------------------|-------|
| • เขียนพงศาวรีได้ถูกต้องทั้งหมด                | 2     |
| • เขียนพงศาวรีได้ถูกต้องครึ่งหนึ่ง             | 1     |
| • คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม | 0     |

### 3.) จงบอกความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ระยะ Anaphase ในไมโทซิส และระยะ Anaphase I ไมโอซิส (วิเคราะห์)

#### แนวการตอบคำถาม

-การแบ่งเซลล์ระยะ Anaphase ในไมโทซิสเกิดขึ้นที่เซลล์ร่างกายทั่วไป แต่ระยะ Anaphase I ในไมโอซิส เกิดขึ้นในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

-การแบ่งเซลล์ระยะ Anaphase ในไมโทซิส จะทำให้จำนวนชุดของโครโมโซมเพิ่มขึ้น 2 เท่า เช่น จาก  $2n=4$  จะเพิ่มเป็น  $4n=8$  แต่ระยะ Anaphase I ในไมโอซิสจำนวนชุดของโครโมโซมเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

-การแบ่งเซลล์ระยะ Anaphase ในไมโทซิส โครมาทิดที่เป็น sister chromatid จะแยกออกจากกัน แต่ระยะ Anaphase I ในไมโอซิส จะเกิดการแยกกันของกลุ่ม homologous chromosome ที่มา crossing over กัน เกิดการให้คะแนน

| รายการประเมิน                                  | คะแนน |
|------------------------------------------------|-------|
| ● ตอบถูกทั้ง 3 ประเด็น                         | 2     |
| ● ตอบถูกเพียง 2 ประเด็น                        | 1     |
| ● คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม | 0     |

4.) จงประเมินข้อความต่อไปนี้ว่า ข้อความใดสมบูรณ์ที่สุดด้วยเหตุผลและหลักการที่สอดคล้องกับทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติของชาร์ล ดาร์วิน มากที่สุด เพราะเหตุใด และอีกข้อความหนึ่งไม่สอดคล้องอย่างไร

ก. โลกเกิดมานานหลายพันล้านปีและมีการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป ถ้าเปลือกโลกมีการเคลื่อนที่แยกออกจากกันตามสมมติฐานที่น่าเชื่อถือ ดังนั้นสิ่งมีชีวิตน่าจะมีการวิวัฒนาการตามไปด้วยเช่นกัน

ข. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในรุ่นหนึ่ง สามารถถ่ายทอดลักษณะไปยังรุ่นต่อไปได้ทุกลักษณะ

#### แนวการตอบคำถาม

ข้อความที่สอดคล้องที่สุดคือ ก. เพราะการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกตามแนวคิดของชาร์ล ดาร์วินน่าจะเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นใหม่มีลักษณะแตกต่างไปจากสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่เดิม เนื่องจากสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นด้านอาหาร ที่อยู่อาศัย หรือศัตรู ตามแต่ละสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ หากสิ่งมีชีวิตกลุ่มนั้นปรับตัวได้สำเร็จตามทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติจะทำให้ประชากรกลุ่มใหม่นั้น (ลูกหลานของสิ่งมีชีวิตนั้น) ที่เกิดขึ้น สะสมลักษณะที่แปรผันไปจนมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มเดิม (เปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ) และถ่ายทอดยีนไปยังรุ่นลูกหลาน

ส่วนข้อ ข ไม่สอดคล้องเพราะ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตในรุ่นหนึ่ง ไม่สามารถถ่ายทอดลักษณะนั้นไปยังรุ่นต่อไปได้ทุกลักษณะเช่น เมื่อนำหนูขาวมาตัดหางให้สั้น และปล่อยให้หนูตัวนี้สืบพันธุ์ ลูก

ของหนูขวาก็ยังมีหางยาว หางไม่สั้นเหมือนพ่อแม่ เป็นต้น ตามหลักทฤษฎีของชาร์ล ดาร์วิน สิ่งมีชีวิตที่มีความแปร-  
ผันจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างซ้ำๆตามกาลเวลา ที่เกิดการคัดเลือกหลายชั่วอายุที่ละเล็กละน้อยจนเกิดสปีชีส์ใหม่  
คำสำคัญ : การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม การคัดเลือกโดยธรรมชาติ ความแปรผันทางพันธุกรรม  
เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | คะแนน |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม โดยสภาพแวดล้อมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา (การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก) การปรับตัวที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสะสมลักษณะความแปรผันนั้นจนทำให้สิ่งมีชีวิตต่างไปจากเดิมเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมและเกิดสปีชีส์ใหม่ โดยมีกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยอธิบายข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไรถูกต้อง และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกันครบทั้ง 3 คำ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 3     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม โดยสภาพแวดล้อมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา (การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก) การปรับตัวที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการสะสมลักษณะความแปรผันนั้นจนทำให้สิ่งมีชีวิตต่างไปจากเดิมเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมและเกิดสปีชีส์ใหม่ แต่ไม่ได้กล่าวถึงการคัดเลือกโดยธรรมชาติ แลไม่อธิบายว่าข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไร และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน 2 คำ</li> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม โดยสภาพแวดล้อมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา (การเคลื่อนที่ของเปลือกโลก) การปรับตัวเป็นผลมาจากการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยอธิบายว่าข้อความ ข ไม่สอดคล้องอย่างไรถูกต้อง และมีคำสำคัญหรืออาจเป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกัน 2 คำ</li> </ul> | 2     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ให้เหมาะสม มีคำสำคัญ 1 คำ</li> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะมีกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติที่ทำให้สิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวที่ละเล็กละน้อยจนเกิดสปีชีส์ใหม่ มีคำสำคัญ 1 คำ</li> <li>อธิบายได้ว่าข้อความ ก . สอดคล้องเพราะสิ่งมีชีวิตมีการปรับตัวตามธรรมชาติและมีการสะสมความแปรผันนั้นส่งไปให้ลูกหลานเกิดการแปรผันทางพันธุกรรมจนเกิดสปีชีส์ใหม่ มีคำสำคัญ 1 คำ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0     |

5.) จงทำเครื่องหมายถูกหน้าวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในความคิดของนักเรียน ในการพัฒนา มะละกอไทยให้สามารถต้านทานโรคพืชได้มากขึ้น พร้อมกับให้เหตุผลประกอบ

- ☐ การโคลนนิ่ง
- ☐ พันธุวิศวกรรม
- ☐ การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี

#### แนวทางการตอบคำถาม

-พันธุวิศวกรรม เพราะเป็นกระบวนการที่ได้นำความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ นำมาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยน, ตัดแต่งยีน, เคลื่อนย้าย, และ ตรวจสอบสารพันธุกรรมหรือยีน โดยนำยีนต้านโรคพืชใส่เข้าไปในพันธุ์ข้าวหอมมะลิ เพื่อสร้างพันธุ์มะละกอที่สามารถต้านทานโรคได้ตามที่ต้องการ (GMOs) ช่วยลดการเน่าเสียของพันธุ์มะละกอได้ (คำสำคัญคือ การตัดแต่งยีน)

-การปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี เพราะการฉายรังสีทำให้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับยีนในพันธุ์มะละกอ ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรม หรือทำให้เกิดการขาดของโครโมโซม ทำให้ได้ลักษณะพันธุ์ใหม่ๆ ขึ้นมาได้ (คำสำคัญคือ การเปลี่ยนแปลงระดับยีน)

-การโคลนนิ่ง ไม่อาจทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะใหม่หรือแตกต่างไปจากเดิมได้ จึงไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวหอมมะลิ

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                   | คะแนน |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการพันธุวิศวกรรม พบคำสำคัญ</li> <li>อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี พบคำสำคัญ</li> </ul>             | 2     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการพันธุวิศวกรรม แต่ไม่พบคำสำคัญ</li> <li>อธิบายเหตุผลได้ว่าทำไมเลือกใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์โดยการฉายรังสี แต่ไม่พบคำสำคัญ</li> </ul> | 1     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม</li> </ul>                                                                                                                  | 0     |

## 6.) จงสร้างไดโคโตมัสคีย์ในการจำแนกสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิต : สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน กุ้ง ปลา กัด กบ ไก่ แมว

แนวทางการตอบคำถาม

|          |   |                               |                          |
|----------|---|-------------------------------|--------------------------|
| แบบที่ 1 | 1 | a. สิ่งมีชีวิต พวก Prokaryote | สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน |
|          |   | b. สิ่งมีชีวิต พวก Eukaryote  | กุ้ง 2                   |
|          | 2 | a. มีกระดูกสันหลัง            | ปลา 3                    |
|          |   | b. ไม่มีกระดูกสันหลัง         | กิ้ง                     |
|          | 3 | a. มีเกล็ด                    | ปลา กัด                  |
| แบบที่ 2 |   | b. ไม่มีเกล็ด                 | กุ้ง 4                   |
|          | 4 | a. ผิวหนังขึ้น                | กบ                       |
|          |   | b. ผิวหนังไม่ขึ้น             | ไก่ 5                    |
|          | 5 | a. ขนแบบขนนก                  | ไก่                      |
|          |   | b. ขนแบบสั้น                  | แมว                      |
|          | 1 | a. สิ่งมีชีวิต พวก Prokaryote | แบคทีเรีย                |
|          |   | b. สิ่งมีชีวิต พวก Eukaryote  | กุ้ง 2                   |
|          | 2 | a. สัตว์น้ำ                   | ปลา 3                    |
|          |   | b. สัตว์บก                    | ปลา 4                    |
|          | 3 | a. มีเกล็ด                    | ปลา หางนกยูง             |
|          |   | b. ไม่มีเกล็ด                 | ไก่ 5                    |
|          | 4 | a. ขนแบบขนนก                  | นก                       |
|          |   | b. ขนแบบสั้น                  | สุนัข                    |
|          | 5 | a. มีเปลือกหุ้ม               | กุ้ง                     |
|          |   | b. ไม่มีเปลือกหุ้ม            | กบ                       |

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                       | คะแนน |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| • สร้างไดโคโตมัสคีย์ได้ถูกต้อง โดยใช้ลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตในการจัดจำแนกได้ถูกต้องทุกลักษณะ       | 2     |
| • สร้างไดโคโตมัสคีย์ได้ถูกต้อง โดยใช้ลักษณะร่วมของสิ่งมีชีวิตในการจัดจำแนกได้ถูกต้อง 2 ลักษณะขึ้นไป | 1     |
| • คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม                                                      | 0     |



7.) จงวิเคราะห์ว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซมของเซลล์สืบพันธุ์ดังกล่าว ส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตอย่างไร

แนวทางการตอบคำถาม

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเกิดมิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโครโมโซม โดยโครโมโซมมีขนาดเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยมีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนที่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยโปรตีนบางชนิดทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อ บางชนิดเป็นเอนไซม์ควบคุมเมแทบอลิซึมจึงทำให้สิ่งมีชีวิตอาจมีลักษณะผิดปกติไป ทั้งนี้การเกิดมิวเทชันที่เซลล์สืบพันธุ์จะทำให้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้

คำสำคัญ : มิวเทชัน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม การสังเคราะห์โปรตีน ถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้  
เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                            | คะแนน |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายได้ว่าภาพดังกล่าวเกิดจากการมิวเทชันในระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนและถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้</li> <li>มีคำสำคัญหรือคำที่มีความหมายใกล้เคียง 4 คำ</li> </ul>                                        | 2     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>อธิบายได้ว่าภาพดังกล่าวเกิดจากการมิวเทชันในระดับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโครโมโซม อาจส่งผลต่อการสังเคราะห์โปรตีน แต่ไม่ได้บอกถึงความผิดปกตินี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นลูกหลานได้</li> <li>มีคำสำคัญหรือคำที่มีความหมายใกล้เคียง 2 คำขึ้นไป</li> </ul> | 1     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม</li> </ul>                                                                                                                                                                                           | 0     |



8.) “....การเกิดมิวเทชันระดับยีนและโครโมโซม ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะผิดแปลกไป จนทำให้สิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นไม่เกิดการวิวัฒนาการ.....” นักเรียนเห็นด้วยกับประโยคดังกล่าวหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมให้เหตุผลประกอบ

แนวทางการตอบคำถาม

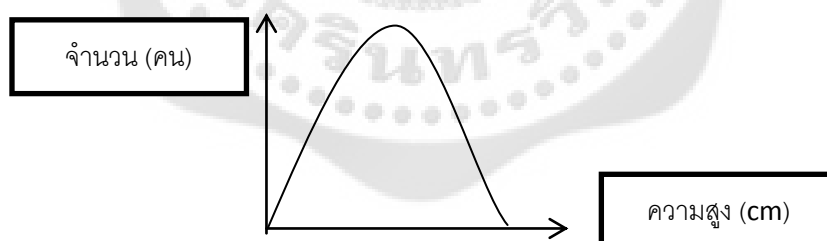
ไม่เห็นด้วย เพราะโดยทั่วไปการเกิดมิวเทชันจะนำมาซึ่งลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ ทั้งนี้มิวเทชันเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป และลักษณะเหล่านี้สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ มีผลทำให้เกิดความแปรผันทางพันธุกรรม เกิดสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆอย่างหลากหลายซึ่งนำไปสู่การเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                        | คะแนน |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| • ตอบได้ว่าไม่เห็นด้วยเพราะการเกิดมิวเทชันทำให้ได้สิ่งมีชีวิตเกิดความหลากหลายและนำไปสู่วิวัฒนาการได้ | 1     |
| • คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม                                                       | 0     |

9.) จงเขียนกราฟที่ควรจะเป็นเมื่อทำการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมด้านความสูง (cm) ของประชากรชาย 1,000 คน พร้อมระบุชื่อแกน X และ แกน Y ให้ถูกต้อง

แนวทางการตอบคำถาม



เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                | คะแนน |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| • ระบุชื่อแกน X ถูกต้อง , แกน Y ถูกต้อง และวาดกราฟถูก        | 2     |
| • ระบุชื่อแกน X ถูกต้อง , แกน Y ถูกต้อง แต่วาดกราฟไม่ถูกต้อง | 1     |
| • คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม               | 0     |

10.) สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีปริมาณเบสที่พบในโมเลกุลของ DNA ดังนี้ เบสอะดีนีนร้อยละ 30 เบสไทมีนร้อยละ 30 เบสกวานีนร้อยละ 20 และเบสไซโทซีนร้อยละ 20 จงอธิบายว่าปริมาณเบสทั้ง 4 ชนิดที่พบ มีความสัมพันธ์กับทฤษฎีแบบจำลองโครงสร้าง DNA ของวัตสันและคริกอย่างไร

แนวทางการตอบคำถาม

ในสิ่งมีชีวิต DNA มีลักษณะเป็นเกลียวคู่ของสาย polynucleotide แต่ละสาย โดยปริมาณเบสอะดีนีน (A) จะใกล้เคียงกับเบสไทมีน (T) และเบสไซโทซีน (C) จะใกล้เคียงกับเบสกวานีน (G) ทั้งนี้จากการอธิบายแบบจำลองดีเอ็นเอของวัตสันและคริก ได้อธิบายว่าเบสดังกล่าวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีน ด้วยพันธะสาม ( $A=T$ ,  $G \equiv C$ )

เกณฑ์การให้คะแนน

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | คะแนน |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>บอกได้ว่า DNA เป็นเกลียวคู่ที่เกิดจากการจับกับของเบสของสาย polynucleotide แต่ละสาย โดยปริมาณเบสอะดีนีน (A) จะใกล้เคียงกับเบสไทมีน (T) และเบสไซโทซีน (C) จะใกล้เคียงกับเบสกวานีน (G) เพราะเบสดังกล่าวเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีนด้วยพันธะสาม (<math>A=T</math>, <math>G \equiv C</math>)</li> </ul> | 2     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>เบสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยเบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีน และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีน (<math>A=T</math>, <math>G \equiv C</math>)</li> <li>เบสอะดีนีนจับกับเบสไทมีนด้วยพันธะคู่ และเบสกวานีนจับเบสไซโทซีนด้วยพันธะสาม (<math>A=T</math>, <math>G \equiv C</math>)</li> </ul>                                                                                          | 1     |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>คำตอบอื่นๆ หรือตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 0     |

ประวัติย่อผู้วิจัย



## ประวัติย่อผู้วิจัย

|                              |                                                                                                                                                                              |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ ชื่อสกุล                | นายณพคุณ สุขสวัสดิ์                                                                                                                                                          |
| วัน เดือน ปีเกิด             | วันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2531                                                                                                                                                  |
| สถานที่เกิด                  | เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร                                                                                                                                                     |
| สถานที่อยู่ปัจจุบัน          | บ้านเลขที่ 319/117 หมู่ 2 แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210                                                                                                     |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน | ครู ค.ศ. 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์                                                                                                                                   |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน         | โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2<br>แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร                                                                                               |
| ประวัติการศึกษา              |                                                                                                                                                                              |
| พ.ศ. 2543                    | ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6<br>จาก โรงเรียนเคหะทุ่งสองห้องวิทยา 1 จังหวัดกรุงเทพมหานคร                                                                                             |
| พ.ศ. 2549                    | ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6<br>จาก โรงเรียนโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี                                                                                        |
| พ.ศ. 2554                    | การศึกษาระดับบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์-ชีววิทยา<br>จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพมหานคร                                                                  |
| พ.ศ. 2558                    | การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.)<br>สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้<br>แขนงวิชา การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์<br>จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดกรุงเทพมหานคร |