ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี

นางวิภาวี จินดานุรักษ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2561

The Effects of Learning Management Using Inquiry-Based Learning and Explicit Nature of Science Approach in the Topic of Heredity on Nature of Science Understanding of Science Talented Mathayom Suksa III Students in Pathum Thani Province

Mrs. Wipawee Chindanurak

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Curriculum and Instruction
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2018

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี
ชื่อและนามสกุล	นางวิภาวี จินดานุรักษ์
แขนงวิชา	หลักสูตรและการสอน
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2561

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี

ผู้ศึกษา นางวิภาวี จินดานุรักษ์ **รหัสนักศึกษา** 2542100116 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรมกับของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จำนวน 68 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม แบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน และแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของครูผู้สอน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ความถี่ ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่าค่าเฉลี่ยคะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีค่าสูงกว่าก่อนเรียน และมีค่าสูงกว่าของกลุ่มที่เรียนจากการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้แต่เพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 60 มีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น จากระดับเข้าใจคลาดเคลื่อน และระดับเข้าใจบางส่วนเป็นระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจน ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจมากที่สุดได้แก่ (1) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม (2) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ และ (3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

คำสำคัญ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พันธุกรรม การสืบเสาะหาความรู้ การบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Independent Study title: The Effects of Learning Management Using Inquiry-Based Learning and Explicit Nature of Science Approach in the Topic of Heredity on Nature of Science Understanding of Science Talented Mathayom Suksa III Students in Pathum Thani Province
Author: Mrs. Wipawee Chindanurak; **ID:** 2542100116;
Degree: Master of Education (Curriculum and Instruction);
Independent Study advisor: Dr. Jurarat Thammaprateep, Associate Professor;
Academic year: 2018

Abstract

The purpose of this research was to compare the level of understanding of nature of science of science talented Mathayom Suksa III students learning under learning management using inquiry-based learning and explicit nature of science approach with that of the students learning under the conventional method.

The research sample consisted of 68 Mathayom Suksa III students of the mathematics-science learning program in two special classrooms of science, mathematics, technology and environment of Khanarat Bamrung School in Pathum Thani province during the first semester of the 2017 academic year, obtained by cluster sampling. The employed research instruments were learning activity management plans for the inquiry-based learning and explicit nature of science approach in the topic of Heredity; a survey questionnaire on the understanding of nature of science; diaries reflecting ideas of students; and a note taking form on learning management for the teacher. The data were analyzed using the frequency, percentage, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that the post-learning mean score on the understanding of nature of science of the students who learned under the learning management using inquiry-based learning and explicit nature of science approach in the topic of Heredity was significantly higher than their pre-learning counterpart mean score at the .01 level. Also, the post-learning mean score on the understanding of nature of science of the students who learned under the learning management using inquiry-based learning and explicit nature of science approach in the topic of Heredity was significantly higher than the post-learning counterpart mean score of the students who learned under the inquiry-based learning approach alone at the .01 level. In addition, it was found that the majority, or more than 65 percent, of the students, had changed their levels of understanding of nature of science in all of the nine concepts from the levels of misconception and partly understanding to the level of correct and clear understanding. The concepts on nature of science that the students had changed their levels of understanding most were (1) the scientists participate in social activities as experts or citizens of the society; (2) science is the combination of reason and imagination; and (3) scientific knowledge is changeable.

Keywords: Nature of science, Heredity, Inquiry-based learning, Explicit nature of science, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

การทำการค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.จุฬารัตน์ ธรรมประทีป อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ผู้สอบ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำการค้นคว้าอิสระครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมานับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นางวนิดา วัฒนธรรม นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง และนางสาวกมลรัตน์ ฉิมพาลี ที่ได้กรุณาตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย และให้คำแนะนำในการเก็บรวบรวมข้อมูล

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการค้นคว้าอิสระครั้งนี้ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

วิภาวี จินดานุรักษ์

กุมภาพันธ์ 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
กรอบแนวคิดการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 8
ประโยชน์ที่ได้รับ 10
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 11
การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 12
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 36
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 36
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 37
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 37
รูปแบบการวิจัย 63
การเก็บรวบรวมข้อมูล 63
การวิเคราะห์ข้อมูล 64
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 65
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้
โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
กับการเรียนแบบปกติ 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 69
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 69
ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ 73
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 98
สรุปการวิจัย 98
อภิปรายผล 100
ข้อเสนอแนะ 106
บรรณานุกรม 107
ภาคผนวก 112
ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย 113
ข ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย 115
ค ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบแบบปกติ 118
ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 124
จ ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 132
ฉ เฉลยแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 137
ช ตัวอย่างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ 145
ซ ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ 147
ประวัติผู้ศึกษา 158

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ของ Rezba, Auldridge and Rhea 14
ตารางที่ 2.2 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 30
ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้และการวิเคราะห์เนื้อหาพันธุกรรม กับการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 40
ตารางที่ 3.2 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 42
ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้การวัดประเมินผล 46
ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ปกติ เรื่อง ความผิดปกติของโครโมโซมและยีน 50
ตารางที่ 3.5 แสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการสำรวจและจำนวนข้อคำถาม ในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 53
ตารางที่ 3.6 เกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน .. 54
ตารางที่ 3.7 แนวทางการพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 55
ตารางที่ 4.1 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน โดยการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กับการเรียนแบบปกติ 66
ตารางที่ 4.2 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กับการเรียนแบบปกติ 67
ตารางที่ 4.3 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 69
ตารางที่ 4.4 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 69
ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ 70

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.6 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ 73
ตารางที่ 4.7 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ 74
ตารางที่ 4.8 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นโลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ 77
ตารางที่ 4.9 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ 79
ตารางที่ 4.10 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 81
ตารางที่ 4.11 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ 84
ตารางที่ 4.12 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นวิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย 86

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.13 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ 88

ตารางที่ 4.14 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม 91

ตารางที่ 4.15 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นการวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ 93

ตารางที่ 4.16 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็นนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม 96

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 5
ภาพที่ 4.1 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นโลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ 78
ภาพที่ 4.2 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ 80
ภาพที่ 4.3 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 83
ภาพที่ 4.4 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ 85
ภาพที่ 4.5 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย 87
ภาพที่ 4.6 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ 89

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.7 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม 92

ภาพที่ 4.8 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นการวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ 95

ภาพที่ 4.9 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม 97

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เป็นเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึง การทำให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถเข้าใจใน “ความรู้ทางวิทยาศาสตร์” จนกระทั่งนำมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบาย บรรยายและแสดงความคิดเห็นต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา พร้อมทั้งสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องเหมาะสมทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมได้ ซึ่งการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นั้น ได้ถูกประเมินโดยโครงการประเมินผลการศึกษานานาชาติ หรือ PISA โดยการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ตามความหมายของ PISA หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการตั้งคำถามและลงข้อสรุปโดยอาศัยหลักฐาน เพื่อนำมาสู่ความเข้าใจหรือนำมาสู่การตัดสินใจเกี่ยวกับโลกและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ได้มาซึ่งความรู้ การทำงานและสังคมของนักวิทยาศาสตร์ และคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม American Association for the Advancement of cience(AAAS) (1993) และ สสวท. (2552) กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ดังนั้นจึงสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญต่อการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์

คำว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตามความเข้าใจและเป็นที่ยอมรับในกลุ่มของนักการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาในปัจจุบัน เข้าใจว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะเฉพาะตัวของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด หรือคำอธิบายที่บอกว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร และงานด้านวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างไรกับสังคม ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้น และบอกกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์กับงานด้านวิทยาศาสตร์ต่อสังคม ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะแฝงอยู่ในตัววิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการมองสิ่งเหล่านี้ในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิด ธรรมชาติ วิธีการ และขอบเขตความรู้ของมนุษย์ (epistemology) และในเชิงสังคมวิทยา (sociology) หรือกล่าวได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะเฉพาะ

ของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นสิ่งที่บอกถึงความหมายของวิทยาศาสตร์ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะการทำงานของวิทยาศาสตร์ และลักษณะของกิจการทางวิทยาศาสตร์ โดยธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วยแนวคิดเกี่ยวกับตัววิทยาศาสตร์อยู่หลายแนวคิด ซึ่งในที่นี้อาจจัดหมวดหมู่ของแนวคิดเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ตามการจัดของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS) ได้แก่

ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ (Scientific Enterprise)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เริ่มได้รับความสนใจตั้งแต่ช่วงต้นของศตวรรษที่ 20 โดยนักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา นักปรัชญาวิทยาศาสตร์เห็นพ้องกันว่า การเรียนวิทยาศาสตร์เฉพาะในส่วนขององค์ความรู้และทักษะการปฏิบัตินั้นไม่เพียงพอนักเรียนยังต้องเข้าใจความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ผสมผสานมาจาก ปรัชญาวิทยาศาสร์ ประวัติวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยาและจิตวิทยาเพื่ออธิบายลักษณะของวิทยาศาสตร์ในหลาย ๆ แง่มุม โดยในปัจจุบันการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อการเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา สมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (AAAS) ได้กำหนดให้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบสำคัญของการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Khishfe, 2008) นอกจากนี้ ประเทศแคนนาดา ได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ข้อหนึ่งว่า “นักเรียนจะต้องพัฒนาความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริบททางสังคมสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีบทบาทสำคัญในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งได้ระบุไว้ว่า วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม และในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ และเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 15)

ถึงแม้ว่าการจัดการศึกษาในประเทศไทยจะให้ความสำคัญกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ผลจากการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ หรือ PISA ที่จัดขึ้นระหว่างปี 2000 - 2015 พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างอายุ 15 ปี ของประเทศไทยมีผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดต่ำลงต่อเนื่อง และนักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยที่ OECD กำหนด ซึ่งจำนวนนักเรียนที่มีระดับความสามารถอยู่ในระดับต่ำ เป็นตัวชี้บอกที่น่ากังวลถึงคุณภาพของพลเมืองในตลาดแรงงานในอนาคต และชี้นัยถึงความสามารถในการแข่งขันของชาติในประชาคมโลก (สสวท., 2559) โดยนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA นั้นเป็นนักเรียนอายุ 15 ปี ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติ หรือ O-NET วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในระดับประเทศของปีการศึกษา 2557-2559 พบว่าคะแนนเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง รวมถึงคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบในระดับชาติ หรือ O-NET ในระดับโรงเรียนของโรงเรียนที่ผู้วิจัยปฏิบัติหน้าที่อยู่มีแนวโน้มลดลง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนมีการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ นั้นมีลักษณะเป็นการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย (implicit approach) เป็นการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นเนื้อหาความรู้และเน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ แต่ไม่มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกมาให้นักเรียนเรียนรู้และไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรือสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนเอง ทั้งนี้ เพราะเชื่อว่า การที่นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ จะสามารถทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลักษณะดังกล่าว ยังไม่สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาตร์ได้เท่าที่ควร (สุธาวัลย์ มีศรี และคณะ, 2550)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้นมีหลากหลายวิธีการ วิธีการหนึ่งคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ซึ่งมีการบูรณาการเนื้อหาบทเรียนกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน มีการหยิบยกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง ผ่านการอภิปราย การแสดงความคิดเห็น สามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Crowther et al., 2005; Khishfe and Lederman, 2006; Khishfe, 2008) จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ มีโอกาสในการพัฒนาผู้เรียนให้มีความเข้าใจธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์ ดังนั้นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อแก้ปัญหาความไม่เข้าใจหรือความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเนื้อหาบทเรียนเรื่อง พันธุกรรม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นเรื่องที่สามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านได้ดี เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ และจากการศึกษาประวัติการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ แสดงให้เห็นถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ การเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม เป็นต้น บทเรียนเรื่องพันธุกรรมจึงเป็นบทเรียนที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์ และถึงแม้จะมีงานวิจัยที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์ในเนื้อหาเรื่อง พันธุกรรม ซึ่งเนื้อหาเรื่องพันธุกรรมนี้ถูกกำหนดไว้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นระดับชั้นที่มีความสำคัญ เนื่องจากถ้าหากนักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้ว เมื่อนักเรียนศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความเฉพาะเจาะจงมากยิ่งขึ้น นักเรียนก็จะสามารถเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี โดยเฉพาะนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ที่มีการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มี 3 ด้าน ตามการจัดของ The American Association for the Advancement of Science (AAAS) และมีประเด็นที่ต้องการศึกษารวม 9 ประเด็น ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific World View)

1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

ด้านที่ 2 ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

1) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

2) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

3) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

4) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

ด้านที่ 3 ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ (Science Enterprise)

1) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

2) การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

3) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี

4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จำนวน 68 คน จำนวน 2 ห้องเรียน

4.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

4.2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4.2.2 ตัวแปรตาม คือ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4.3 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่อง พันธุกรรม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับ พันธุกรรม ได้แก่ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) สารพันธุกรรม 3) การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล 4) การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม 5) ความผิดปกติของโครโมโซมและยีน และ 6) ความก้าวหน้าและ ผลของเทคโนโลยีชีวภาพ รวม 6 เรื่อง จัดการเรียนรู้เรื่องละ 3 ชั่วโมง ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 18 ชั่วโมง

4.4 ขอบเขตด้านความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทของเนื้อหาที่จัดการเรียนการสอน ดังนี้

4.4.1 ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View)

1) N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

วิทยาศาสตร์คือการพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งของ ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในจักรวาล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างแบบแผน (patterns) ของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลและเป็นระบบเดียวไม่ว่าอยู่ที่ใดในจักรวาล ดังนั้นปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้กฎพื้นฐานเดียวกัน

2) N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

เมื่อมีความรู้ใหม่คัดค้านกับความรู้เดิม โดยความรู้ใหม่นั้นสามารถอธิบายได้ครอบคลุมมากกว่า ในทางวิทยาศาสตร์จะมีการตรวจสอบและการพัฒนาทฤษฎีอยู่เสมอ บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีเก่าเป็นทฤษฎีใหม่ หรือพัฒนาทฤษฎีใหม่โดยใช้พื้นฐานจากทฤษฎีเก่า

4.4.2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

1) N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือเนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากกระบวนการที่น่าเชื่อถือที่ใช้ในการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และข้อค้นพบต่าง ๆ ของผู้ศึกษาวิจัยจะต้องได้รับการตรวจสอบหลักฐานจากบุคคลอื่น และได้รับการยอมรับจากหลักฐานดังกล่าว

2) N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

การตั้งสมมติฐานและทฤษฎีเป็นขั้นตอนเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มาผสมผสานกับความรู้ที่มาจากหลักการและเหตุผล ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์ไปหยิบความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ แต่เกิดจากการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวนักวิทยาศาสตร์เอง โดยอาศัยเหตุผลและจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์

3) N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

นักวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สังเกตได้และสร้างคำอธิบายรวมถึงคำทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายครั้งเพื่อใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไป เช่น นักวิทยาศาสตร์ทำนายว่าอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้นอีก 1 องศาเซลเซียส คำทำนายนี้ก็ได้จากการบันทึก เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วมองหาความสัมพันธ์และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นต่อไป คำอธิบายและคำทำนายนั้นจะได้รับการยอมรับหากนักวิทยาศาสตร์ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องและเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

4) N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

เนื่องจากการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน ในการได้มาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีอคติเกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการเก็บข้อมูล การอธิบาย การรายงานผล การตีความ การเลือกพิจารณาข้อมูล โดยความมีอคติอาจเกิดจากจินตนาการ ประสบการณ์เดิม เชื้อชาติ เพศ อายุ คุณธรรมจริยธรรม นโยบายของรัฐ การเมือง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องพยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดอคติและพยายามที่จะหลีกเลี่ยงการมีอคติ วิธีหนึ่งที่ทำได้โดยการสังเกต ทดสอบหรือทดลองหลาย ๆ ครั้ง และทำการศึกษาในเรื่องเดียวกันแต่มีกลุ่มผู้ศึกษาหลายกลุ่ม

4.4.3 *วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ (The Scientific Enterprise)*

1) N7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วม

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการทำงานในหลายสาขา วิธีการ และเพศ ดังนั้น มนุษย์ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา ซึ่งบุคคลที่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักคณิตศาสตร์ นักฟิสิกส์ เป็นต้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาและได้ข้อมูลแล้วจะเผยแพร่ข้อมูลเพื่อเปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือต่อไป

2) N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยยึดหลักคุณธรรม โดยนักวิทยาศาสตร์ยึดหลักจรรยาบรรณและที่ถือปฏิบัติกันอย่างเคร่งครัดในเรื่องของการเก็บบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง ความซื่อสัตย์และความใจกว้าง การมีใจยอมรับการตรวจสอบ การวิพากษ์วิจารณ์ของนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน

3) N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญ หรือพลเมืองของสังคม

นักวิทยาศาสตร์มีบทบาททั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นในสังคม นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ หรือช่วยเหลือสังคมให้เข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถระบุหรือชี้ชัดว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เนื่องจากว่าเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ สำหรับอีกบทบาทหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์คือการเป็นพลเมืองของสังคม นักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนคนทั่วไป ที่บางครั้งอาจมีอคติ มีความรู้สึกต่าง ๆ

4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ในเดือนพฤษภาคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2560 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ รวมระยะเวลาที่ใช้ในการสอนทั้งหมด 18 ชั่วโมง

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาสิ่งต่างๆ ในธรรมชาติและเสนอคำอธิบายสิ่งเหล่านั้นด้วยข้อมูลที่ได้จากการทำงานทางวิทยาศาสตร์ และการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry learning) เป็นวิธีการหรือแนวทางที่ทำให้ผู้เรียนสร้างหรือได้รับองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ผ่านกระบวนการตรวจสอบหรือทดลองในแบบการสืบเสาะหา

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีครูทำหน้าที่เป็นผู้ช่วย เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักรู้ว่า เราได้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาได้อย่างไร โดยในที่นี้ผู้วิจัยใช้ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E โดยบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แทรกในบางขั้นตอน ทั้งนี้ขึ้นกับบริบทของเนื้อหาสาระการเรียนรู้ คือ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1 ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (engagement) ครูใช้คำถาม สถานการณ์ หรือสื่อต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สงสัย หรือเกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมของ นักเรียน ในขั้นนี้ ครูบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูหยิบยกขึ้นมา

5.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) นักเรียนลงมือปฏิบัติการสำรวจและค้นหา กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้การสังเกต การสำรวจ การแก้ปัญหา การออกแบบการทดลอง ส่งเสริมให้นักเรียนสร้าง คำอธิบายจากหลักฐานที่มาจากการสำรวจและค้นหา ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย แสดงความคิดเห็น

5.1.3 ขั้นอธิบาย (explanation) นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ สังเคราะห์ สรุป และสร้างคำอธิบายของตนเองหรือของกลุ่ม พร้อมทั้งนำเสนอคำอธิบายหรือผลงานรูปแบบต่าง ๆ ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น

5.1.4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) นักเรียนเพิ่มเติมความรู้ใหม่ให้ชัดเจน โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น การนำเสนอ และการเขียนอธิบาย ทั้งประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องพันธุกรรม

5.1.5 ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปและประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ โดยเป็นการประเมินตามสภาพจริงและใช้เครื่องมือประเมินที่หลากหลาย เช่น จากการตอบคำถาม การทำแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ เป็นต้น

5.2 การสอนแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุกรรม โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (Inquiry -Cycle) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยไม่มีการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5.3 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย บรรยาย ยกตัวอย่าง และแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน

รวม 9 ประเด็น ที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา ซึ่งแสดงออกมาเป็นข้อความต่าง ๆ โดยนักเรียนแสดงออกและสามารถวัดได้จาก แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการพิจารณาจาก แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และบันทึกอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

6. ประโยชน์ที่ได้รับ

6.1 นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตต่อไป

6.2 ครูผู้สอน และผู้ที่สนใจได้นำข้อมูลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปปรับใช้กับการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม ที่มีต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสาร วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีหัวข้อตามลำดับ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   1.1 ความหมายและความสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
   1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน
   1.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   2.1 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   2.2 องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   2.3 ความรู้วิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   2.4 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
   2.5 การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1.1 ความหมายและความสำคัญของการสืบเสาะความรู้

การสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) หมายถึง วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และเสนอคำอธิบายด้วยข้อมูลที่ได้จากการทำงานทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การสืบเสาะหาความรู้ยังหมายถึงกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่ทำให้พวกเขาได้พัฒนาความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงความเข้าใจในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาธรรมชาติต่างๆ รอบตัว (National Research Council, 1996)

การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน จึงหมายถึง กระบวนการที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการคิดที่หลากหลาย มีการสำรวจตรจสอบ สืบค้นข้อมูลและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ ทำให้เกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย แล้วจึงสามารถสร้างความรู้ของตนเองได้ ซึ่งความรู้เหล่านั้นจะเป็นข้อมูลที่สามารถเก็บไว้ใช้ได้ยาวนานไม่ว่าจะประสบกับสถานการณ์ใด ๆ ก็สามารถนำความรู้มาใช้ได้ (สาขาชีววิทยา สสวท., 2552) หรือเป็นกระบวนการที่ผู้เรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้ที่เปิดกว้าง ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและมีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ

ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง National Science Education Standards (NRC., 2000) ระบุไว้ มีดังต่อไปนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการตั้งคำถามและการตอบคำถาม
2. มีการสำรวจตรวจสอบจากคำถามที่สนใจศึกษา และเชื่อมโยงกับการนำเสนอข้อมูลที่มีความหมาย รวมทั้งพัฒนารูปแบบของการอธิบายให้มีความต่อเนื่องและสม่ำเสมอ
3. การสำรวจตรวจสอบมีหลากหลายจุดประสงค์และหลากหลายวิธีการ
4. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายและตรวจสอบคำอธิบายจากการทดสอบหลักฐานและการตั้งข้อสังเกตใหม่ ๆ ให้กับการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น
5. นักวิทยาศาสตร์ทำงานร่วมกันเป็นทีม แม้จะมีความแตกต่างระหว่างบุคคลซึ่งจะทำให้ได้แนวคิดที่หลากหลายและแตกต่าง
6. การใช้ความคิดสร้างสรรค์สามารถพบได้ทุกขั้นตอนของการทำงานทางวิทยาศาสตร์
7. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีการนำเสนอผลงานจากการศึกษาค้นคว้าต่อสาธารณชน

จากความหมายและลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ คือ การที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบประกอบกับการใช้ทักษะการคิด มีการใช้คำถาม และมีการค้นหาคำตอบหรือคำอธิบายจากคำถาม เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทาง

วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

1.2.1 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่ง National Science Education Standards (NRC., 2000) ได้เสนอแนะไว้ ดังนี้

1. มีการกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้
2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทำการสำรวจตรวจสอบผ่านกิจกรรมที่ให้ลงมือปฏิบัติโดยใช้การสังเกต การตั้งสมมติฐาน และการทดสอบสมมติฐาน การแก้ปัญหา และสร้างคำอธิบายจากหลักฐานและข้อมูลที่ทำการสังเกต
3. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมายข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาสังเคราะห์ด้วยตนเอง และสร้างคำอธิบายให้มีแนวคิดที่ชัดเจนและอธิบายร่วมกับครู และเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเองกับแหล่งข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ
4. ผู้เรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจด้วยตนเองและมีความสามารถในการที่จะประยุกต์ใช้ความรู้เมื่อพบกับสถานการณ์ใหม่
5. ผู้เรียนและครูร่วมกันทบทวนและประเมินสิ่งที่เรียนรู้และวิธีการเรียนรู้สิ่งนั้น

ปัจจุบันมีการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ยืดหยุ่น สามารถจัดกิจกรรมได้หลากหลาย และสามารถนำไปปรับใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้มาก และนักการศึกษา นักวิทยาศาสตร์ศึกษา กระทั่งสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังคงมีการศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยมีการบูรณาการทั้งเทคนิคและวิธีการต่าง เพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหา รวมทั้งความสามารถที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน โดยมีจิตวิทยาที่เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2552) ดังนี้ 1) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นนักเรียนจะเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นต่อเมื่อนักเรียนได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการค้นหาความรู้นั้น ๆ มากกว่าการบอกให้นักเรียนได้รู้ 2) การเรียนรู้จะเกิดได้ดีที่สุดเมื่อสถานการณ์แวดล้อมในการเรียนรู้นั้นยั่วยุให้นักเรียนอยากเรียน ไม่ใช่การบีบบังคับนักเรียน และครูต้องจัดกิจกรรมที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการค้นคว้าทดลอง 3) วิธีการนำเสนอของครู จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดของตนเองมากที่สุด ทั้งนี้กิจกรรมที่จะให้นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบจะต้องเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และนักเรียนมีความรู้และทักษะเพียงพอที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ โดยกิจกรรมที่จัดควรเป็นกิจกรรมนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ หรือแสวงหาความรู้ใหม่ ซึ่งมีการออกแบบกิจกรรมหลายระดับตามความเหมาะสม ดังนี้ เมื่อพิจารณาตามบทบาทของนักเรียนในการออกแบบกิจกรรมการสืบเสาะหา

ความรู้เป็นเกณฑ์ อาจแบ่งการสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ประเภท คือ (ประมวล ศิริผันแก้ว, 2555) คือ 1) การสืบเสาะหาความรู้ตามที่มีผู้กำหนดไว้ให้ 2) การสืบเสาะหาความรู้โดยมีข้อแนะนำให้ 3) การสืบเสาะหาความรู้อย่างอิสระ ซึ่งมีส่วนสอดคล้องกับประเภทของการสืบเสาะหาความรู้แบบปลายเปิด และการสืบเสาะหาความรู้แบบครูเป็นผู้กำหนดแนวในการทำกิจกรรม นอกจากนี้ ส่วน Bell et al. (2003) อธิบายรูปแบบของการสืบเสาะหาความรู้เป็น 4 แบบตามกิจกรรมที่ครูหรือนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการ รายละเอียดดังตารางที่ 2.1 (Rezba, Auldridge and Rhea, 1999 cited in Bell et al., 2005)

ตารางที่ 2.1 ระดับของการสืบเสาะหาความรู้ของ Rezba, Auldridge and Rhea

ระดับของการสืบเสาะหาความรู้	**ความหมายและตัวอย่าง**
1. Confirmation inquiry	ครูเป็นผู้ตั้งคำถามและดำเนินกิจกรรม และนักเรียนทราบผลที่จะเกิดขึ้นแล้ว ตัวอย่างเช่น “ในการทดลองครั้งนี้เราจะยืนยันว่าอัตราของปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยใช้ยาลดกรดตรวจสอบกฎนี้ให้นักเรียนทำตามขั้นตอน บันทึกผลและตอบคำถาม”
2. Structured inquiry	นักเรียนเป็นผู้สืบค้นจากคำถามของครู โดยใช้กระบวนการตามคำอธิบาย ตัวอย่างเช่น “ในการทดลองนี้ เราจะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและอัตราการเกิดปฏิกิริยาของยาลดกรดและน้ำ นักเรียนจะทดลองใช้ยาลดกรดและน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยทำตามขั้นตอน บันทึกผลและตอบคำถาม”
3. Guided inquiry	นักเรียนเป็นผู้สืบค้นจากการตั้งคำถามของครู โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบและเลือกวิธีการ โดยครูเป็นผู้ตรวจสอบกระบวนการที่นักเรียนจะใช้ ตัวอย่างเช่น “ให้นักเรียนออกแบบเพื่อหาว่าอุณหภูมิของน้ำมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของยาลดกรดหรือไม่ อย่างไร โดยตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง บันทึกผล วิเคราะห์และสรุป”
4. Open inquiry	นักเรียนเป็นผู้สืบค้นคำตอบจากคำถามของตนเอง โดยครูตรวจสอบกระบวนการที่นักเรียนจะใช้ ตัวอย่างเช่น “ให้นักเรียนวิจัยหัวข้อทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียนในเรื่องปฏิกิริยาเคมี”

ที่มา: Bell et al. (2005)

1.2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ คือ การสร้างความสนใจ (Engagement) การสำรวจและค้นหา (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความรู้ (Elaboration) และการประเมินผล (Evaluation) ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ครูจะต้องส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักคิด มีความคิดสร้างสรรค์ ให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ความคิดขอตนเองได้มากที่สุด ทั้งนี้กิจกรรมที่จะให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบ จะต้องเชื่อมโยงกับความคิดเดิม และนำไปสู่การแสวงหาความรู้ใหม่ และได้ใช้กระบวนการและทักษะต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (2545) ได้นำเสนอรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย ขั้นตอนที่สำคัญ 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำสู่บทเรียน ซึ่งครูอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์กระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทายให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย ใคร่รู้ หรือเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่สนใจเหล่านี้เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา หรือครูอาจเป็นผู้กระตุ้นโดยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง ซึ่งทำได้หลายรูปแบบ เช่น สาธิต ทดลอง นำเสนอข้อมูล เล่าเรื่องหรือเหตุการณ์ ใช้สื่อวัสดุอุปกรณ์ สร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ เป็นต้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจประเด็นคำถามแล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างองค์ความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปใช้ประยุกต์ในเรื่องอื่น หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นปัญหาที่จะต้อง

ตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ จึงเรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ (Inquiry cycle)

1.2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

จากการศึกษาเอกสารของ ชาตรี ฝ่ายคำตา (2553) ได้เสนอขอบข่ายรายละเอียดลักษณะกิจกรรมหรือสถานการณ์ บทบาทของครู และบทบาทของนักเรียนในรูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนไว้สอดคล้องกัน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์ เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม แปลกใหม่ นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน ยั่วยุ ท้าทาย น่าสนใจ ใคร่รู้ เปิดโอกาสให้มีแนวทางการตรวจสอบอย่างหลากหลาย นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยตัวนักเรียนเอง

บทบาทของครู สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ให้เวลานักเรียนคิดก่อนตอบคำถามหรือไม่เร่งเร้าในการตอบคำถาม ดึงเอาคำตอบหรือความคิดที่ยังไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความกระจ่างในปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกหรือกำหนดปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ

บทบาทของนักเรียน ตั้งคำถาม ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะสำรวจตรวจสอบให้ชัดเจน แสดงความสนใจ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์ นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำงานตามความคิดอย่างอิสระ ตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏแล้วกำหนดสมมตานที่เป็นไปได้ วางแผนแนวทางการสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสำรวจตรวจสอบ และได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ

บทบาทของครู เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ ซักถาม เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน ให้เวลานักเรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหาและการสำรวจตรวจสอบสังเกตการทำงานของนักเรียน ฟังการโต้ตอบกันของนักเรียน ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก

บทบาทของนักเรียน คิดอย่างอิสระและสร้างสรรค์ แต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม ตั้งสมมติฐาน พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ ขั้นตอนถูกต้อง บันทึกการสังเกต หรือผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์ นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมานำเสนอในลักษณะวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล อภิปราย แล้วนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปวาด ตาราง แผนผัง มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียน มีการพิสูจน์ตรวจสอบให้แน่ใจ (ทำซ้ำหรือมีเอกสารอ้างอิงหรือหลักฐานที่ชัดเจน)

บทบาทของครู ส่งเสริมหในักเรียนได้อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบและแนวคิดด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ให้นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมกับสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสิ่งที่ได้ค้นพบเข้าด้วยกัน โดยมีเหตุผล หลักการ หรือหลักฐานประกอบ ให้ความสนใจกับคำอธิบายของนักเรียน ส่งเสริให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล

บทบาทของนักเรียน อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจตรวจสอบที่ได้ อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบสอดคล้องกับข้อมูล อธิบายแบบเชื่อมโยงสัมพันธ์และมีเหตุผล หลักการหรือหลักฐานประกอบ ฟังการอธิบายของคนอื่น แล้วคิดวิเคราะห์ และอภิปรายซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นอธิบาย

4. ขั้นขยายความรู้

ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์ ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ ให้นักเรียนได้อธิบายและร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สมบูรณ์กระจ่าง หรือลึกซึ้งหรือขยายกรอบความรู้ความคิดให้กว้างขึ้น ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือทดลองเพิ่มขึ้น และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือสถานการณ์ใหม่

บทบาทของครู ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายอย่างละเอียดชัดเจน สมบูรณ์ และอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม หรือเติมเต็มหรือขยายแนวความคิดและทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ ร่วมอภิปราย แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มหรือขยายกรอบความรู้ความคิด

บทบาทของนักเรียน ใช้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างความรู้ใหม่ เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมเพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

5. ขั้นประเมิน

ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์ มีการตรวจสอบความถูกต้องชัดเจน ความสมบูรณ์ของกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้โดยวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน วิจารณ์หรืออภิปรายเพื่อเปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่กำหนดไว้

บทบาทของครู ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินกระบวนการและผลงานด้วยตนเอง ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจตรวจสอบทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้

บทบาทของนักเรียน วิเคราะห์กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง ถามคำถามที่เกี่ยวข้องจากการสังเกต หลักฐานและคำอธิบายเพื่อความถูกต้อง ชัดเจน สมบูรณ์ และอาจนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ ประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ของตนเอง

สรุปว่า บทบาทหน้าที่ของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือเป็นผู้สร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง เป็นผู้จัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่จะช่วยนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้ต่าง ๆ ส่วนบทบาทหน้าที่ของนักเรียน ต้องเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้ความคิดหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่พบได้เป็นแนวคิด หลักการต่าง ๆ รวมทั้งเป็นผู้ถามและตอบคำถาม และมีส่วนร่วมในกิจกรรมขั้นตอนต่าง ๆ ให้มากที่สุด

1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ในหัวข้อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้แยกประเด็นที่นำเสนอและรายละเอียดดังนี้

1.5.1 ลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวคิดที่สอดคล้องกันว่า การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการช่วยพัฒนาความเข้าใจต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควรจะมีการระบุหรือบ่งชี้ตามแนวความคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นำเสนอหรือสอดแทรกอยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้ออกมาอย่างชัดเจน และครูควรกระตุ้นเร้าให้นักเรียนแสดงความเข้าใจของตนต่อแนวความคิดเหล่านี้ออกมา เพื่อให้นักเรียนได้ตระหนักถึงแนวคิดที่ตนเองมีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และพัฒนาแนวคิดให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดนี้เรียกว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Lederman, 1998)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2552ก) ได้ศึกษารวบรวมงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจหรือมีมุมมองที่เหมาะสมเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่ามีแนวทางในการจัดการเรียนรู้ดังนี้ ในการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การใช้สื่อ อุปกรณ์ และการวัดประเมินผลการเรียนรู้ที่มีความหลากหลาย เพื่อจัดการเรียนรู้แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้เรื่องราวต่าง ๆ เกี่ยวกับการใช้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ประวัติของวิทยาศาสตร์ และนักวิทยาศาสตร์ในการอภิปรายเกี่ยวกับธรรมชาติของ

วิทยาศาสตร์ เช่น ใช้กรณีศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ และการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แล้วสะท้อนความเข้าใจต่อกระบวนการและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมที่ได้ทำ เช่น การทำกิจกรรมคิดและปฏิบัติ การทำกิจกรรมปฏิบัติการทดลองและการทำกิจกรรมตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เช่นวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ การสืบเสาะหาความรู้ โดยกระตุ้นด้วยคำถามและมีแนวทางการสืบเสาะหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง ในการจัดการเรียนรู้ตามวิธีนี้ Crowther et al., (2005) เสนอว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ถูกฝังอยู่ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่แล้ว ครูควรมีการแนะนำหรือใช้การจัดการเรียนรู้อย่างชัดเจนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยแนะนำว่า การอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครูควรรวบรวมประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน และเชื่อมโยงการอภิปรายจากประเด็นหนึ่งสู่อีกประเด็นหนึ่งอย่างเหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ ควบคู่กันไป กระบวนการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนนี้ ทำให้ครูสามารถช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าการที่นักเรียนรู้สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทำทุกวันจากในโทรทัศน์และหนังสือพิมพ์ (ทัศนีย์ พุฒนอก, 2553)

1.5.2 ตัวอย่างลักษณะการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นการจัดการเรียนรู้แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้ข้อค้นพบที่สอดคล้องกันว่า ทั้งครูและนักเรียนยังขาดความเข้าใจหรือมีความเข้าใจที่ไม่เหมาะสมกับเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลายประเด็น อีกทั้งครูยังขาดความเข้าใจในประเด็นการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (สิรินภา กิจเกื้อกูล และคณะ, 2548) เช่น สุธาวัลย์ มีศรี (2550) ได้ทำการศึกษาความสามารถด้านการจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูผู้เข้าร่วมโปรแกรมฝึกอบรมครูวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านการจัดการเรียนรู้เรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่าก่อนฝึกอบรม ครูส่วนใหญ่ทำการจัดการเรียนรู้เรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย แต่ครูไม่ได้วางแผนกิจกรรมเพื่อสอนเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยตรง และพบว่าถ้าครูประจำการขาดประสบการณ์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และความเข้าใจเรื่องของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก็จะบอกนักเรียนว่า เป็นเพียงเรื่องขององค์ความรู้ ซึ่งเห็นได้จากก่อนครูเข้าร่วมโปรแกรมครูมีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ส่วนการทำการทดลองวิทยาศาสตร์นั้นก็เป็นไปตามลำดับขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแบบเรียน หลังเข้าร่วมโปรแกรม ครูมีการหยิบยกประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนอภิปรายอย่างชัดเจนมากขึ้น และได้ให้ข้อเสนอว่าครูควรตระหนักถึงการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีความเป็นวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังนั้น ครูวิทยาศาสตร์ควรให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้เรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยทำการจัดการเรียนรู้แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนประสบการณ์ที่นักเรียนได้เรียนรู้มา จากการศึกษางานวิจัยของ ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์ (2553) ที่ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้

มีการบูรณาการเนื้อหาบทเรียนเรื่องระบบต่อมไร้ท่อและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา นักเรียนสามารถอธิบายความเข้าใจของตนเองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และการอธิบายแสดงถึงความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากกว่าก่อนเรียน และมีงานวิจัยอีกจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการช่วยพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เช่น งานวิจัยของ ทัศนี พุฒนอก (2556) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่อความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกประเด็น และช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายให้เหตุผลสนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้มากขึ้น และงานวิจัยของ ภารวี ยุทธเกษมสันต์ (2557) ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า หลังเรียนนักเรียนได้แสดงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องครบทุกองค์ประกอบ

การวิจัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะ คือ ใช้แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวทางที่สสวท. (2550) กำหนดไว้และบูรณาการหรือสอดแทรกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้อภิปรายแสดงความคิดเห็นในแต่ละขั้นตอนตามความเหมาะสม โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (engagement) ครูใช้คำถาม สถานการณ์ หรือสื่อต่าง ๆ เช่น คลิปวิดีโอ รูปภาพ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สงสัย หรือเกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมของนักเรียน หากพบว่ามีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน จะแก้ไขโดยอธิบายให้นักเรียนเข้าใจและทำให้นักเรียนมีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ก่อนจะเริ่มกิจกรรมในขั้นต่อไป ในขั้นนี้ ครูบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูหยิบยกขึ้นมา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) นักเรียนลงมือปฏิบัติการสำรวจและค้นหาในประเด็นปัญหาที่ นักเรียนสนใจอยากรู้หรือประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดให้ กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้การสังเกต การสำรวจ การแก้ปัญหา การออกแบบการทดลอง ส่งเสริมให้นักเรียนสร้าง คำอธิบายจากหลักฐานที่มาจากการสำรวจและค้นหา ครูมีหน้าที่ส่งเสริม ให้คำปรึกษา รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น

3. ขั้นอธิบาย (explanation) นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ สังเคราะห์ สรุป และสร้างคำอธิบายของตนเองหรือของกลุ่ม พร้อมทั้งนำเสนอคำอธิบายหรือผลงานรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผัง กราฟ รูปวาด ตาราง เป็นต้น คำอธิบายหรือผลงานที่นำเสนอต้องมีการอ้างอิงเอกสารและหลักฐานที่มีความถูกต้อง สามามารถตรวจสอบได้ หากนักเรียนมีข้อสงสัยหรือมีคำถามที่ไม่สามารถอธิบายได้ ครูจะอธิบายเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในประเด็นเหล่านั้น ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) นักเรียนเพิ่มเติมความรู้ใหม่ให้ชัดเจน โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น การนำเสนอ และการเขียนอธิบาย ทั้งประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องพันธุกรรม

5. ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปและประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ โดยเป็นการประเมินตามสภาพจริงและใช้เครื่องมือประเมินที่หลากหลาย เช่น จากการตอบคำถาม การทำแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ เป็นต้น

สำหรับการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พิจารณาตามแนวทางดังนี้ คือ ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างชัดเจน มีการบ่งชี้แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกมาอย่างชัดเจนจากกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเน้นการยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ขึ้นมาให้นักเรียนพิจารณา และกระตุ้นเร้าให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดของตนเองออกมา ให้เชื่อมโยงแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่ที่ได้จากการเรียนรู้ มีการวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยดูจากการที่นักเรียนแสดงแนวคิดของตนเองออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การพูดอภิปราย การตอบแบบวัด และการแสดงพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า มีนักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้อธิบายไว้ว่า เป็นค่านิยมและความเชื่อที่แฝงอยู่ในความรู้วิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เสาวลักษณ์ โรมา (2551) ให้ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ลักษณะที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งคุณค่า และข้อตกลงเบื้องต้นที่สำคัญ ซึ่งใช้เป็นหลักในการพัฒนาวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ McComas&Almazroa (1998) กล่าวว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือการผสมผสานอย่างกลมกลืนกันของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้าน ทั้งทางด้านประวัติวิทยาศาสตร์สังคมวิทยาและปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการศึกษาด้านความรู้ของนักวิทยาศาสตร์และความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์จากหลายสาขาวิชา

จากนิยามที่กล่าวมาสรุปได้ว่า “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์” เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นค่านิยม ข้อสรุป แนวคิด ข้อตกลงเบื้องต้น และบอกกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ความสัมพันธ์กับงานด้านวิทยาศาสตร์ต่อสังคม ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะแฝงอยู่ในตัววิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และเป็นการมองสิ่งเหล่านี้ในเชิงปรัชญาเกี่ยวกับการกำเนิด ธรรมชาติ วิธีการ และขอบเขตความรู้ของมนุษย์ (epistemology) และในเชิงสังคมวิทยา (sociology) หรือกล่าวได้ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หมายถึง ลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์อื่น ๆ เป็นสิ่งที่บอกถึงความหมายของวิทยาศาสตร์ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะการทำงานของวิทยาศาสตร์ และลักษณะของกิจการทางวิทยาศาสตร์

AAAS (1993) กล่าวไว้ว่า ความเข้าใจในธรรมชาติของทยาศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่ง สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล (2545) ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การที่บุคคลสามารถเข้าใจใน “มวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์” จนกระทั่งนำมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบาย, บรรยายและแสดงความคิดเห็นต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัว พร้อมทั้งสามารถใช้มวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบการตัดสินใจในการดำเนินชีวิตให้สอดคล้องเหมาะสมทั้งด้านสังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรมได้ ดังนั้น ถ้านักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและเพียงพอ จะทำให้นักเรียนมีทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับใช้ประเมินความเที่ยงตรงและเชื่อถือได้ของหลักฐานอ้างอิงต่าง ๆ ขณะที่ Bybee, Powell, and Ellis (1991) กล่าวว่า ถ้านักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องจะเกิดผลดีหลายประการ คือ ทำให้นักเรียนมีทักษะ

ทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับใช้ประเมินความเที่ยงตรงเชื่อถือได้ของหลักฐานที่ใช้อ้างอิง ทำให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนมีความแตกฉานเชิงวัฒนธรรม และทำให้นักเรียนมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงควรให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.2 องค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สมาคมวิทยาศาสตร์อเมริกันได้ให้กรอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science) ว่าจะต้องประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View) นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยมีแนวความเชื่อพื้นฐานบางอย่างร่วมกัน ซึ่งทำให้แตกต่างจากการทำงานของผู้ที่ไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ค่อนข้างคงที่ และเชื่อถือได้เนื่องมาจากค่อยๆ ถูกสั่งสมมาเป็นเวลานาน แต่ก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ นักวิทยาศาสตร์ไม่เคยยึดว่าความรู้ที่ได้ครบถ้วนสมบูรณ์แล้ว การมีมุมมองที่เป็นวิทยาศาสตร์ เป็นมุมมองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติมีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ ได้แก่ มนุษย์สามารถทำความเข้าใจโลกได้ (The World Is Understandable) ความรู้วิทยาศาสตร์เป็นความรู้ที่ยอมรับได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (Scientific Knowledge Is Durable) และวิทยาศาสตร์ไม่สามารถให้คำตอบทุกอย่างได้ (Scientific Cannot Provide Complete Answers to all Questions)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 2 ประเด็นซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทของเนื้อหาที่จัดการเรียนการสอน ดังนี้

N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

วิทยาศาสตร์คือการพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งของ ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในจักรวาล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างแบบแผน (patterns) ของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลและเป็นระบบเดียวไม่ว่าอยู่ที่ใดในจักรวาล ดังนั้นปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้กฎพื้นฐานเดียวกันยกตัวอย่าง เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันที่กล่าวถึงแรงโน้มถ่วงซึ่งเป็นการอธิบายการเคลื่อนที่หรือการตกลงของวัตถุ ซึ่งกฎนี้ถือเป็นแบบแผนที่นักวิทยาศาสตร์ก็ใช้อธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งบนโลก บนดวงจันทร์หรือบนดาวเคราะห์อื่น ๆ

N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

เมื่อมีความรู้ใหม่คัดค้านกับความรู้เดิม โดยความรู้ใหม่นั้นสามารถอธิบายได้ครอบคลุมมากกว่า ในทางวิทยาศาสตร์จะมีการตรวจสอบและการพัฒนาทฤษฎีอยู่เสมอ บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีเก่าเป็นทฤษฎีใหม่ หรือการพัฒนาทฤษฎีใหม่โดยใช้พื้นฐานจากทฤษฎีเก่า

2. การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเข้าในปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งครอบคลุมไปถึงการสังเกตการสำรวจตรวจสอบการทดลองและการจัดกระทำข้อมูล โดยมีขั้นตอนและกระบวนการที่ยืดหยุ่น การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (Science Demands Evidence) วิทยาศาสตร์ คือ การบูรณาการตรรกะและจินตนาการเข้าด้วยกัน (Science Is a Blend of Logic and Imagination) วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ (Science Explains and Predicts) นักวิทยาศาสตร์พยายามหาหลักฐานเพื่อสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่มีอคติ (Science Try to Identify and Avoid Bias) และวิทยาศาสตร์มีอิสระและไม่ได้เกิดจากการบังคับ (Science Is not Authoritarian)

สำหรับงานวิจัยนี้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4 ประเด็นซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทของเนื้อหาที่จัดการเรียนการสอน ดังนี้

N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือเนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากกระบวนการที่น่าเชื่อถือที่ใช้ในการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และข้อค้นพบต่าง ๆ ของผู้ศึกษาวิจัยจะต้องได้รับการตรวจสอบหลักฐานจากบุคคลอื่น และได้รับการยอมรับจากหลักฐานดังกล่าว

N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

การตั้งสมมติฐานและทฤษฎีเป็นขั้นตอนเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มาผสมผสานกับความรู้ที่มาจากหลักการและเหตุผล ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์ไปหยิบความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ แต่เกิดจากการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวนักวิทยาศาสตร์เอง โดยอาศัยเหตุผลและจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎีอะตอมที่วิทยาศาสตร์ต้องใช้ทั้งหลักฐานที่สามารถสังเกตได้ร่วมกับจินตนาการเพื่อสร้างแบบจำลองอะตอมขึ้นมา ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์บางคนอาจมีความคิดเห็นหรือเหตุผลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ต่างกัน

N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

นักวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สังเกตได้และสร้างคำอธิบายรวมถึงคำทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายครั้งเพื่อใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไป เช่น นักวิทยาศาสตร์ทำนายว่าอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้นอีก 1 องศา-เซลเซียส คำทำนายนี้ก็ได้จากการบันทึก เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วมองหาความสัมพันธ์และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นต่อไป คำอธิบายและคำทำนายนั้นจะได้รับการยอมรับหากนักวิทยาศาสตร์ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องและเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

เนื่องจากการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน ในการได้มาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีอคติเกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการเก็บข้อมูล การอธิบาย การรายงานผล การตีความ การเลือกพิจารณาข้อมูล โดยความมีอคติอาจเกิดจากจินตนาการ ประสบการณ์เดิม เชื้อชาติ เพศ อายุ คุณธรรมจริยธรรม นโยบายของรัฐ การเมือง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องพยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดอคติและพยายามที่จะหลีกเลี่ยงการมีอคติ วิธีหนึ่งที่ทำได้โดยการสังเกต ทดสอบ หรือทดลองหลาย ๆ ครั้ง และทำการศึกษาในเรื่องเดียวกันแต่มีกลุ่มผู้ศึกษาหลายกลุ่ม

3. วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ (The Scientific Enterprise) กิจการทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนั้นมีลักษณะแตกต่างจากในอดีต เช่น มีความเป็นองค์กรอยู่ในสังคม ผู้ที่ทำงานด้านวิทยาศาสตร์สามารถเลี้ยงชีพได้จากการทำงานในด้านนี้ และนโยบายของรัฐส่งผลต่อการสนับสนุนกิจการทางวิทยาศาสตร์ของสังคม ลักษณะของกิจการทางวิทยาศาสตร์อาจแบ่งได้เป็น 4 ด้านหลัก ๆ ได้แก่ โครงสร้างทางสังคม วิชาชีพ และสถาบันที่เกี่ยวข้องกับกิจการทางวิทยาศาสตร์ จริยธรรมของกิจการทางวิทยาศาสตร์ และบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ในสังคม องค์กร หน่วยงานหรือสถาบัน ที่ทำงานร่วมกันในเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจถึงความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม ประเด็นเหล่านี้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่ซับซ้อน (Science Is a Complex Social Activity) วิทยาศาสตร์จำแนกได้หลายสาขาวิชาและนำไปใช้ในสถาบันต่าง ๆ มากมาย (Science Is Organized Into Content Disciplines and IS Conducted in Various Institutions) การนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ต้องคำนึงถึงศีลธรรม (There Are Generally Accepted Ethical Principles in the Conduct of Science) และนักวิทยาศาสตร์ต้องมีส่วนร่วมในสังคมทั้งในฐานะเป็นผู้เชี่ยวชาญและเป็นพลเมืองคนหนึ่ง (Scientists Participate in Public Affairs Both as Specialists and as Citizens)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ 3 ประเด็นซึ่งมีความสัมพันธ์กับบริบทของเนื้อหาที่จัดการเรียนการสอน ดังนี้

N7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วม

วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการทำงานในหลายสาขา วิธีการ และเพศ ดังนั้นมนุษย์ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา ซึ่งบุคคลที่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักคณิตศาสตร์ นักฟิสิกส์ เป็นต้น เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาและได้ข้อมูลแล้วจะเผยแพร่ข้อมูลเพื่อเปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือต่อไป

N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยยึดหลักคุณธรรม โดยนักวิทยาศาสตร์ยึดหลักจรรยาบรรณและที่ถือปฏิบัติกันอย่างเคร่งครัดในเรื่องของการเก็บบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง ความซื่อสัตย์และความใจกว้าง การมีใจยอมรับการตรวจสอบ การวิพากษ์วิจารณ์ของนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน

N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญ หรือพลเมืองของสังคม

นักวิทยาศาสตร์มีบทบาททั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นในสังคม นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ หรือช่วยเหลือสังคมให้เข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังช่วยประเมินผลที่อาจเกิดขึ้นจากนโยบายที่รัฐบาลกำหนดขึ้น เช่น ผลจากการใช้พืชตัดแต่งพันธุกรรมที่มีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและระบบนิเวศ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถระบุหรือชี้ชัดว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เนื่องจากว่าเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ สำหรับอีกบทบาทหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์คือ การเป็นพลเมืองของสังคม นักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนคนทั่วไป ที่บางครั้งอาจมีอคติ มีความรู้สึกต่าง ๆ

2.3 ความรู้วิทยาศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความรู้วิทยาศาสตร์ เกิดจากความพยายามของมนุษย์ที่จะเชื่อมโยงโลกทางกายภาพ ชีวภาพ จิตวิทยาและสังคมเข้าไว้ด้วยกัน ความรู้วิทยาศาสตร์นี้จึงได้รับการพัฒนาภายใต้แนวคิดทางสังคม ปรัชญา และจิตวิทยาที่มนุษย์มีต่อการศึกษา การใช้และการอธิบายความรู้ที่ได้ค้นพบ การอธิบายถึงวิทยาศาสตร์ทั้งในด้านของความหมาย วิธีการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ เช่น วิทยาศาสตร์คืออะไร วิทยาศาสตร์มีความเป็นมาอย่างไร และนักวิทยาศาสตร์พัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างไรทั้งในฐานะที่เป็นนักวิทยาศาสตร์และในฐานะที่เป็นประชาชนคนหนึ่งในสังคม จึงเป็นการอธิบายถึงลักษณะพื้นฐานของความรู้วิทยาศาสตร์ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการอธิบายถึงลักษณะพื้นฐานของความรู้วิทยาศาสตร์ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ เป็นการอธิบายถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั่นเอง (McComas et al., 1998) สมาคมครูวิทยาศาสตร์สหรัฐอเมริกา (AAAS, 1993) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้อธิบายถึงความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือเป็นเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษาที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ดังนี้

ความเข้าใจเกี่ยวกับความรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific knowledge) เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นจากการสังเกตและประสบการณ์ที่ได้รับเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของความรู้วิทยาศาสตร์ คือ

2.3.1 ข้อเท็จจริง (Fact) คือ การสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือสิ่งใด ๆ ที่เป็นอยู่จริงไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นสิ่งที่ได้จากการสังเกตโดยตรง หรือโดยอ้อม (ข้อเท็จจริงในธรรมชาติย่อมถูกต้องเสมอ แต่การสังเกตข้อเท็จจริงอาจผิดพลาดได้) ความรู้ที่ได้นี้ เมื่อทดสอบในสถานการณ์หรือสภาวะเดียวกันจะได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น “น้ำไหลจากที่สูงสู่ที่ต่ำ” “น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิ 100 องศา-เซลเซียส ณ บริเวณระดับน้ำทะเล”

2.3.2 ความคิดรวบยอดหรือมโนมติ (Concept) คือ ความคิดหลัก (Main idea) ของแต่ละบุคคลที่มีต่อเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ มโนมติเกิดจากการนำข้อเท็จจริงมาศึกษาหรือเปรียบเทียบความแตกต่าง สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้น ๆ สร้างเป็นความคิดหลักในรูปที่แสดงถึงความคิด ความเข้าใจ ทำให้นำไปใช้ในการบรรยาย อธิบายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ วัตถุ และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแต่ละคนอาจมีมโนมติต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ ความรู้เดิม วัยวุฒิ และเหตุผลของบุคคลนั้น ๆ

2.3.3 หลักการ (Principle) เป็นความจริงที่เป็นหลักในการอ้างอิงได้ โดยนำกลุ่มมโนมติที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ซึ่งได้รับการทดสอบว่าเป็นจริงแล้วนำไปใช้อ้างอิงและพยากรณ์เหตุการณ์หรือปรากกฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้ (หลักการต้องเป็นความจริงที่สามารถทดสอบได้ และได้ผลเหมือนเดิม มีความเป็นปรนัย)

2.3.4 สมมติฐาน (Hypothesis) หมายถึง ข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นเพื่อคาดคะเนคำตอบของปัญหาล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง สมมติฐานใดจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ขึ้นอยู่กับหลักฐาน เหตุผลที่จะสนับสนุนหรือคัดค้าน (ข้อความในสมมติฐานต้องเป็นข้อความคาดคะเนคำตอบโดยที่บุคคลนั้นยังไม่เคยเรียนรู้หรือเรียนมาก่อน)

2.3.5 ทฤษฎี (Theory) เป็นข้อความที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้น เป็นคำอธิบายหรือความคิดที่ได้จากสมมติฐานที่ผ่านการตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง และใช้อ้างอิงได้ หรือทำนายปรากฏการณ์ที่ค่อนข้างกว้าง สามารถใช้อธิบายกฎ หลักการ และการคาดคะเนข้อเท็จจริงในเรื่องทำนองเดียวกันได้ (ทฤษฎี เป็นความคิดของนักวิทยาศาสตร์ อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อได้รับข้อเท็จจริงเพิ่มขึ้นและน่าเชื่อถือมากขึ้น)

2.3.6 กฎ (Law) เป็นหลักการอย่างหนึ่งซึ่งเป็นข้อความที่ระบุความสัมพันธ์กันระหว่างเหตุกับผล และอาจเขียนอยู่ในรูปสมการแทนได้ ผ่านการทดสอบจนเป็นที่น่าเชื่อถือ (กฎ มีความจริงในตัวของมันเอง ไม่มีข้อโต้แย้ง สามารถทดสอบได้เหมือนเดิมทุกประการ) กฎอาจเกิดมาได้ 2 ทาง จากการอุปมานข้อเท็จจริง โดยการรวบรวมข้อเท็จจริงหลาย ๆ ข้อเท็จจริงมาสรุปเป็นมโนมติ หลักการ จากการอนุมานทฤษฎี โดยการดึงส่วนย่อยของทฤษฎีมาเป็นกฎ เช่น กฎสัดส่วนพหุคูณ แยกย่อยมาจากทฤษฎีอะตอม

2.4 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ปัจจุบันยึดหลักตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เชื่อว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในบางอย่างอยู่แล้วไม่มากก็น้อย และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะต้องมีพื้นฐานความรู้เดิมก่อน ผู้เรียนจึงจะสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยการเชื่อมโยงความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับมาใหม่จากกิจกรรมการเรียนรู้ กับพื้นฐานประสบการณ์ที่มีอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้นประสบการณ์เดิมของผู้เรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ กระบวนการเรียนรู้ (Process of Learning) ของผู้เรียนจึงไม่ขึ้นกับการบอกเล่าหรือการอธิบายของครู แต่ผู้เรียนต้องเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง ในการสร้างความรู้แต่ละบุคคลจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับพื้นฐานความรู้เดิม โดยอาศัยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจและการรับรู้อย่างมีความหมาย และเกิดเป็นความรู้ที่มีความคงทนและสามารถนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูจะต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อให้มีโอกาสผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง (วรรณทิพา รอดแรงค้า, 2540; สสวท., 2552) ด้วยวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมตามแนว Constructivismซึ่งเป็นการเน้นให้การเรียนรู้ของนักเรียนเกิดขึ้นด้วยตัวของนักเรียนเอง

ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยนักการศึกษาพยายามที่จะแก้ปัญหาและพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มีมุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องยิ่งขึ้น (Murcia and Schibeci, 1999; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Bell et al., 2003; Khishfe, 2008) โดยศึกษาอิทธิพลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งวิธีการสอนที่นักการศึกษาสนใจที่จะศึกษามี 3 วิธี แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการสอนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการสอนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือการสอนโดยใช้เนื้อหาที่เกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สอนร่วมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง (Irwin, 1998; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Din-yan Yip, 2006) โดยเฉพาะในลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000 cited Barufaldi, Bethel and Lamp, 1977; Riley, 1979) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะการทำงานและการค้นพบความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ได้เห็นว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือวิธีการนี้จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะประเด็นการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

(Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; cited Klopfer and Cooley, 1963) แต่อย่างไรก็ตาม การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการสอนประวัติการค้นพบความรู้วิทยาศาสตร์จะช่วยส่งเสริม พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อยมาก (Irwin, 1998; Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Din-yan Yip, 2006) เช่น การศึกษาการเปรียบเทียบผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน แบ่งนักเรียนเป็นสองกลุ่มจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเดียวกัน คือเรื่องโครงสร้างอะตอม แต่กลุ่มหนึ่งสอนประวัติศาสตร์การค้นพบแบบจำลองอะตอมควบคู่กับการสอนเนื้อหา จากการประเมินความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันแต่กลุ่มที่สอนประวัติการค้นพบโครงสร้างอะตอมจะเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นที่เกี่ยวกับจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้สอนประวัติการค้นพบโครงสร้างอะตอม (Irwin, 1998)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติการค้นพบความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คือ การสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ควบคู่กับการสอนประวัติศาสตร์การค้นพบความรู้ในเนื้อหานั้น ๆ โดยมีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นประเด็นที่เกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ลักษณะขององค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ การสอนโดยวิธีนี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในบางเนื้อหา และช่วยส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ในบางประเด็นเท่านั้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบเป็นนัย

การสอนแบบเป็นนัย (Implicit) คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ (Science process skill) หรือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน (Inquiry-Based Approach) กับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Abd-El-Khalick and Lederman, 1998; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz, Lederman and Crawforrd, 2004) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ การสังเกต หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยอัตโนมัติเมื่อผ่านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz et al., 2004) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยเป็นวิธีที่ไม่ได้เน้นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่เป็นการเน้นที่เนื้อหา และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในช่วงเวลาที่ผ่านมาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และบูรณาการสอดแทรก

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์เพราะนักการศึกษา ครู และผู้วิจัยทางด้านการศึกษาเชื่อว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เป็นฐานจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เอง เช่น งานวิจัยของ Khishfe และ Abd-El-Khalick (2002) ที่ศึกษาอิทธิพลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยเปรียบเทียบการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดสามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ในขณะที่นักเรียนที่ได้รับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัยไม่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบเป็นนัย หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skill) หรือการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้ฝึกการปฏิบัติ (Hands-on) และบูรณาการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความเหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์

2.5 การวัดและประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

แม้ว่านักปรัชญาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ศึกษาจะยังคงมีความเห็นที่ตรงกันและไม่ตรงกัน แต่ก็มีมุมมองที่สำคัญเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ เครื่องมือที่ใช้ประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวชี้ถึงองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน

Lederman (2007, p. 862) ได้รวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ตั้งแต่ปี 1954 ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ปี	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1954	Science Attitude Questionnaire	Wilson
1958	Facts About Science Test (FAST)	Stice
1959	Science Attitude Scale	Allen
1961	Test on Understanding Science (TOUS)	Cooley & Klopfer
1962	Processes of Science Test	BSCS
1966	Inventory of Science Attitudes, Interests	Swan and Appreciations
1967	Science Process Inventory (SPI)	Welch

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ปี	เครื่องมือ	ผู้สร้างเครื่องมือ
1967	Wisconsin Inventory of Science Processes Scientific Literacy Research Center	Scientific Literacy Research Center (WISP)
1968	Science Support Scale	Schwirian
1968	Nature of Science Scale (NOSS)	Kimball
1969	Test on the Social Aspects of Science (TSAS)	Korth
1970	Science Attitude Inventory (SAI)	Moore & Sutman
1974	Science Inventory (SI)	Hungerford & Walding
1975	Nature of Science Test (NOST)	Billeh & Hasan
1975	Views of Science Test (VOST)	Hillis
1976	Nature of Scientific Knowledge Scale (NSKS)	Rubba
1978	Test of Science-Related Attitude (TOSRA)	Fraser
1980	Test of Enquiry Skills (TOES)	Fraser
1981	Conception of Scientific Theories Test (COST)	Cotham & Smith
1982	Language of Science (LOS)	Ogunniyi
1987	Views on Science-Technology-Society (VOSTS)	Aikenhead, Fleming, & Ryan
1990	Views of Nature of Science (VNOS-A)	Lederman & O'Malley
1992	Modified Nature of Scientific Knowledge Scale (MNSKS)	Meichtry
1995	Critical Incidents	Nott & Wallington
1998	Views of Nature of Science B (VNOS-B)	Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman
2000	Views of Nature of Science C (VNOS-C)	Abd-El-Khalick, & Lederman
2002	Views of Nature of Science D (VNOS-D)	Lederman & Khishfe
2004	Views of Nature of Science E (VNOS-E)	Lederman & Ko

ที่มา; Lederman (2007)

จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่ามีเครื่องมือสำหรับประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากมาย เครื่องมือบางชนิดเน้นประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉพาะทัศนะที่สำคัญเท่านั้น แต่เครื่องมือบางชนิดใช้ประเมินธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้หลากหลายทัศนะ ซึ่งนำเสนอไว้ ดังนี้

1. Test on Understanding Science (TOUS) เป็นเครื่องมือศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 3 องค์ประกอบ ประกอบด้วย

1.1 ความเข้าใจในกิจการทางวิทยาศาสตร์

1.2 นักวิทยาศาสตร์

1.3 วิธีการและข้ออ้างทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

1.3.1 หลักการของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

1.3.2 กลยุทธ์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

1.3.3 ทฤษฎีและแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

1.3.4 ข้ออ้างทางวิทยาศาสตร์

1.3.5 การสั่งสมความรู้และการพิสูจน์ข้อเท็จจริง

1.3.6 ข้อขัดแย้งทางวิทยาศาสตร์

1.3.7 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.3.8 ความเป็นเอกภาพและความสัมพันธ์กันของวิทยาศาสตร์

2. Nature of Science Scale (NOSS) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาครูวิทยาศาสตร์ต่อมุมมองที่เหมือนกับเป็นนักวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 8 องค์ประกอบ ประกอบด้วย

2.1 พื้นฐานสำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์คือความอยากรู้อยากเห็นเรื่องราวในจักรวาล

2.2 วิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นพลวัต ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไม่หยุดนิ่ง

2.3 วิทยาศาสตร์มีความมุ่งหมายที่จะเพิ่มพูนความเข้าใจและทำให้ง่ายยิ่งขึ้นโดยใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ง่าย ๆ ในการอธิบายความสัมพันธ์

2.4 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีเฉพาะวิธีการทางวิทยาศาสตร์ แต่มีวิธีการที่หลากหลายในการหาความรู้

2.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่าเทคนิควิธีการอื่น ๆ

2.6 ลักษณะพื้นฐานของวิทยาศาสตร์คือเชื่อในสิ่งที่พิสูจน์ได้ในจักรวาลตามที่มนุษย์ต้องการทำความเข้าใจ

2.7 วิทยาศาสตร์เปิดกว้างทางด้านความคิดและความจริงที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบ

2.8 ความไม่แน่นอนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ทุกสาขา

3. Nature of Science Test (NOST) เป็นเครื่องมือที่วัดองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ใน 4 องค์ประกกอบ ประกอบด้วย

3.1 ข้อตกลงของวิทยาศาสตร์

3.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.3 กระบวนการของวิทยาศาสตร์

3.4 จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์

4. Views on Science-Technology-Society (VOSTS) เป็นเครื่องมือที่พัฒนาเพื่อประเมินความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมของนักเรียน ประกอบด้วย 8 องค์ประกอบ ประกอบด้วย

4.1 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.2 อิทธิพลของสังคมที่มีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4.3 อิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม

4.4 อิทธิพลของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคม

4.5 ลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

4.6 การสร้างความรู้ทางสังคมของวิทยาศาสตร์

4.7 การสร้างความรู้ทางสังคมของเทคโนโลยี

4.8 ธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เครื่องมือวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ถูกสร้างขึ้นและปรับปรุงอยู่เสมอ ๆ มีหลากหลายรูปแบบ ผู้วิจัยได้ศึกษาและพบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มี 2 ประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับการจำแนกตามองค์ประกอบของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษา และวัตถุประสงค์ในการวิจัย ดังนี้

ประเภทที่ 1 เครื่องมือแบบปลายเปิด (Open-Ended) เช่น การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เพื่อวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโปรแกรม Yenka Science (ศักราช ชาติชำนาญ, 2556) แบบวัดความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยข้อความที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นใน 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย และมีช่องว่างให้แสดงเหตุผลประกอบคำตอบ และการสัมภาษณ์ กึ่งโครงสร้าง (กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา, 2553) แบบสอบถามธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบปลายเปิด (nature of science uestionnaire) ของ Lederman et al., (2002) ที่พัฒนาโดย สุทธิดา จำรัส นฤมล ยุตาคม และพรทิพย์ ไชยโส, 2552) the

test on understanding science (TOUS) (Cooley and Klopfer, 1961) และ the views of nature of science questionnaire (VNOS) (Lederman et al., 2002) ใช้แบบสอบถามปลายเปิด (open-ended questionnaire) ร่วมกับการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interviews) (Khishfe, 2008)

ประเภทที่ 2 เครื่องมือแบบมีตัวเลือก เช่น แบบสอบถามความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กับครูสอนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 (สุวัจนา ศรีวิเนตร, 2543) views on science-technology-society (VOSTS) (1989) ซึ่งเป็นแบบ multiple choice, nature of scientific knowledge scale (NSKS) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วัดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ 6 ด้าน สร้างโดย Rubba and Andersen (1978), modified nature of scientific knowledge scale (MNSKS) สร้างโดย Meichtry (1992) สร้างแบบ likert-scale มี 5 ตัวเลือก ใช้วัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านความสร้างสรรค์ พัฒนาการ สามารถทดสอบได้ และมีความเป็นเอกภาพ นอกจากนี้ยังอาจสามารถประยุกต์ใช้วิธีการตรวจสอบแนวคิดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้เช่น การสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์ การทำนาย-การสังเกต-การอธิบาย (prediction-observation-explaination) การใช้บทสนทนาหาแนวคิด (viewfinder) วิธีกล่องรับจดหมาย (post-box-method) เป็นต้น (ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์, 2553)

สำหรับการวิจัยนี้สร้างเครื่องมือวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบปลายเปิด โดยมีประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด 3 ด้าน คือ โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ ประกอบด้วยข้อความที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นใน 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย และมีช่องว่างให้แสดงเหตุผลประกอบคำตอบ ทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความคิดของนักเรียนว่านักเรียนเข้าใจหรือไม่ และเข้าใจว่าอย่างไร สำหรับการตรวจสอบระหว่างการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการสังเกตการตอบคำถามและการอธิปรายสะท้อนความคิดในชั้นเรียน การตอบคำถามในใบกิจกรรม แล้วบันทึกลงในแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ และการสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนผ่านบันทึกอนุทินของนักเรียน

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิดา จำรัส นฤมล ยุตาคม และพรทิพย์ ไชยโส (2552, น. 360-374) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 135 คน จากโรงเรียนของรัฐบาล 3 แห่งในเขตกรุงเทพมหานคร ในภาคต้น ปีการศึกษา 2552 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การลงรหัส

จัดกลุ่ม และสถิติบรรยาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถบอกลักษณะของวิทยาศาสตร์ในหลายแง่มุม เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การสังเกตและลงข้อสรุป แต่พบว่านักเรียนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องวิธีการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความหมายและที่ได้มาของกฎและทฤษฎี ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และผลกระทบของสังคมและวัฒนธรรมที่มีต่อวิทยาศาสตร์

ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์ (2553) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาพะเยาเขต 1 จำนวน 80 คน ข้อมูลด้านการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์เนื้อหาคำตอบ โดยจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามกลุ่มคำตอบ ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ เข้าใจชัดเจน เข้าใจบางส่วน เข้าใจคลาดเคลื่อน และไม่เข้าใจ จากนั้นคำนวณร้อยละของนักเรียนแต่ละกลุ่มความเข้าใจ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นในทุกประเด็น และสามารถอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้มีการหยิบยกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ มาให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนการเรียนรู้หรือสะท้อนความเข้าใจของตนเองโดยครูใช้คำถามกระตุ้น

ทัศนีย์ พุฒนอก ปรียา บุญญสิริ และสุปรียา ตรีวิจิตรเกษม (2555) ศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร จำนวน 25 คน ด้วยแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบปลายเปิดจำนวน 22 ข้อ ครอบคลุมธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้าน แบ่งคำตอบของนักเรียนแต่ละกลุ่มกับแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันออกเป็น4 กลุ่ม คือ เข้าใจถูกต้อง เข้าใจบางส่วน เข้าใจคลาดเคลื่อน ไม่เข้าใจ จากผลการสำรวจกลุ่มที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความจำเป็นที่ต้องได้รับการพัฒนาให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งสามด้าน เนื่องจากยังไม่มีความเข้าใจและมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในด้านต่าง ๆ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของครูผู้สอน การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้เน้นการสอนลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ไม่มีการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จึงส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่มีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์ เรื่อง พันธุกรรม กับการเรียนแบบปกติ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. รูปแบบการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ในจังหวัดปทุมธานี

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จำนวน 68 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 26 คน นักเรียนหญิง 42 คน มีอายุระหว่าง 14-15 ปี ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random -sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม

2.2 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2.3 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

2.4 แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องพันธุกรรม ทั้งหมด 6 แผน โดยมีระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 18 คาบ ซึ่งในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะประกอบด้วยขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน ดังมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร และมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด เอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ เพื่อจัดทำกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม

2. ศึกษาหนังสือ คู่มือครู เอกสาร วารสาร ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรม โดยวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้

3. วิเคราะห์เนื้อหาพันธุกรรมกับการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างกิจกรรมการเรียนการสอนที่บ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4. ออกแบบและสร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้เรื่องพันธุกรรมและการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 แผน ดังนี้

4.1 ลักษณะทางพันธุกรรม

4.2 สารพันธุกรรม

4.3 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

4.4 ความหลากหลายของพืชและสัตว์ในท้องถิ่น

4.5 ความผิดปกติที่เกิดจากพันธุกรรม

4.6 ความก้าวหน้าและผลของเทคโนโลยีชีวภาพ

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) ส่วนแสดงรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ 2) มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด 3) จุดประสงค์การเรียนรู้ปกติและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 4) สาระการเรียนรู้ 5) กระบวนการจัดการเรียนรู้ 6) สื่อและแหล่งเรียนรู้ 7) การวัดและประเมินผล 8) บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยใช้ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E โดยบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แทรกในบางขั้นตอน ทั้งนี้ขึ้นกับบริบทของเนื้อหาสาระการเรียนรู้ คือ ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (engagement) ครูใช้คำถาม สถานการณ์ หรือสื่อต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ สงสัย หรือเกิดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา ครูใช้คำถามในการตรวจสอบความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมของ นักเรียน ในขั้นนี้ ครูบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านการตอบคำถามจากสถานการณ์ที่ครูหยิบยกขึ้นมา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) นักเรียนลงมือปฏิบัติการสำรวจและค้นหาในประเด็นปัญหาที่ นักเรียนสนใจอยากรู้หรือประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดให้ กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนใช้การสังเกต การสำรวจ การแก้ปัญหา การออกแบบการทดลอง ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้คำปรึกษา รวมทั้งอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียน ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น

3. ขั้นอธิบาย (explanation) นักเรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์สังเคราะห์ สรุป และสร้างคำอธิบายของตนเองหรือของกลุ่ม พร้อมทั้งนำเสนอคำอธิบายหรือผลงานรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนผัง กราฟ รูปวาด ตาราง เป็นต้น คำอธิบายหรือผลงานที่นำเสนอต้องมีการอ้างอิงเอกสารและหลักฐานที่มีความถูกต้อง สามามารถตรวจสอบได้ หากนักเรียนมีข้อสงสัยหรือมีคำถามที่ไม่สามารถอธิบายได้ ครูจะอธิบายเพิ่มเติมให้กับนักเรียนในประเด็นเหล่านั้น ในขั้นนี้ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย การแสดงความคิดเห็น

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) นักเรียนเพิ่มเติมความรู้ใหม่ให้ชัดเจน โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่อย่างเป็นระบบ หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ครูหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจของตนเอง ผ่านการตอบคำถาม การอภิปรายแสดงความคิดเห็น การนำเสนอ และการเขียนอธิบาย ทั้งประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องพันธุกรรม

5. ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) ครูกับนักเรียนร่วมกันสรุปและประเมินสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ โดยเป็นการประเมินตามสภาพจริงและใช้เครื่องมือประเมินที่หลากหลาย

เช่น จากการตอบคำถาม การทำแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การเขียนสะท้อนการเรียนรู้ เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนการจัดการเรียนรู้และการวิเคราะห์เนื้อหาพันธุกรรมกับการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แผนการจัดการเรียนรู้	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์									กิจกรรมการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์			
										ใช้คำถาม	การอภิปราย		
											กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการปฏิบัติ	ประวัติทางวิทยาศาสตร์
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9				
ลักษณะทางพันธุกรรม	✓									✓			
			✓								✓		
						✓					✓		
								✓			✓		
สารพันธุกรรม		✓								✓			✓
			✓										✓
				✓						✓	✓		
						✓				✓			✓
							✓						✓
การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	✓									✓			✓
		✓	✓	✓									✓
					✓						✓		
						✓	✓						✓

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์									กิจกรรมการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์			
										ใช้คำถาม	การอภิปราย		
											กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้	กิจกรรมการปฏิบัติ	ประวัติทางวิทยาศาสตร์
	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9				
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม					✓						✓	✓	
ความผิดปกติของโครโมโซมและยีน					✓							✓	
							✓			✓			
ความก้าวหน้าและผลของเทคโนโลยีชีวภาพ				✓							✓		
							✓			✓		✓	
								✓			✓		
									✓		✓	✓	
รวม	2	3	3	3	3	3	4	2	1	7	9	4	10

ตารางที่ 3.2 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ	เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม แปลกใหม่ นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน ยั่วยุท้าทาย น่าสนใจ ใคร่รู้ เปิดโอกาสให้มีแนวทางการตรวจสอบอย่างหลากหลาย นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยตัวนักเรียนเอง	สร้างความสนใจ สร้างความอยากรู้อยากเห็น ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ให้เวลานักเรียนคิดก่อนตอบคำถามหรือไม่เร่งเร้าในการตอบคำถาม ดึงเอาคำตอบหรือความคิดที่ยังไม่ชัดเจน ไม่สมบูรณ์ เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความกระจ่างในปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ เปิดโอกาสให้นักเรียนเลือกหรือกำหนดปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ	ตั้งคำถาม ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะสำรวจตรวจสอบให้ชัดเจน แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำงานตามความคิดอย่างอิสระ ตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏแล้วกำหนดสมมตานที่เป็นไปได้ วางแผนแนวทางการสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสำรวจตรวจสอบ และได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ	เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ ซักถาม เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน ให้เวลานักเรียนในการคิด ไตร่ตรองปัญหาและการสำรวจตรวจสอบ สังเกตการทำงานของนักเรียน ฟังการโต้ตอบกันของนักเรียน ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวก	คิดอย่างอิสระและสร้างสรรค์ แต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม ตั้งสมมติฐาน พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ ขั้นตอนถูกต้อง บันทึกการสังเกต หรือผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมานำเสนอในลักษณะวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล อภิปราย แล้วนำเสนอผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปวาด ตาราง แผนผัง มีการอภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียน มีการพิสูจน์ตรวจสอบให้แน่ใจ	ส่งเสริมให้นักเรียนได้อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบและแนวคิดด้วยคำพูดของนักเรียนเอง ให้นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมกับสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือสิ่งที่ได้ค้นพบเข้าด้วยกัน โดยมีเหตุผล หลักการ หรือหลักฐานประกอบ ให้ความสนใจกับคำอธิบายของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้อย่างถูกต้อง ชัดเจน สมเหตุสมผล	อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจตรวจสอบที่ได้ อธิบายผลการสำรวจตรวจสอบสอดคล้องกับข้อมูล อธิบายแบบเชื่อมโยงสัมพันธ์และมีเหตุผล หลักการหรือหลักฐานประกอบ ฟังการอธิบายของคนอื่น แล้วคิดวิเคราะห์ และอภิปรายซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นอธิบาย
4. ขั้นขยายความรู้	ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ ให้นักเรียนได้อธิบายและร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สมบูรณ์หรือขยายกรอบความรู้ความคิดให้กว้างขึ้น ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือทดลองเพิ่มขึ้น และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือสถานการณ์ใหม่	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายอย่างละเอียดชัดเจน สมบูรณ์ และอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มหรือขยายแนวความคิดและทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มหรือขยายกรอบความรู้ความคิด	ใช้ข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างความรู้ใหม่ เชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมเพื่ออธิบายหรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
5. ขั้นประเมิน	มีการตรวจสอบความถูกต้องชัดเจน ความสมบูรณ์ของกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้โดยวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน วิจารณ์หรืออภิปรายเพื่อเปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง หรือเพิ่มเติมทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับสมมติฐานที่กำหนดไว้	ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินกระบวนการและผลงานด้วยตนเอง ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจตรวจสอบ ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้	วิเคราะห์กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง ถามคำถามที่เกี่ยวข้องจากการสังเกต หลักฐานและคำอธิบายเพื่อความถูกต้องชัดเจน สมบูรณ์ และอาจนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบใหม่ ประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ของตนเอง

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาตรวจสอบความเหมาะสม ทั้งด้านเนื้อหาและด้านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

7. ได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้ 1) ควรปรับกิจกรรมในส่วนของการค้นพบสารพันธุกรรมในส่วนของประวัติการค้นพบโครงสร้าง DNA เพิ่มลงไปเพราะสามารถนำไปใช้อภิปรายเรื่องจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์กับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ 2) ครูควรสอดแทรกเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายในกิจกรรม เช่น คิดเดี่ยว คิดคู่ เทคนิคจิ๊กซอว เป็นต้น ผู้วิจัยจึงนำข้อเสนอไปปรับปรุงแก้ไขและนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนต่อไป

ตารางที่ 3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้การวัดประเมินผล

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
ลักษณะทางพันธุกรรม	1. บอกความแตกต่าง และแยกประเภทสิ่งมีชีวิตที่สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศได้ 2. สำรวจตรวจสอบ และวิเคราะห์ลักษณะทางพันธุกรรมของบุคคลในครอบครัวได้ 3. บอกความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมแบบแปรผันต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. แบบฝึกหัดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม	1. ยกตัวอย่างปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่สามารถทำความเข้าใจได้โดยการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ 2. ใช้และระบุหลักฐานเพื่อยืนยันการสำรวจตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมได้ 3. บอกสาเหตุ และวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหลีกเลี่ยงอคติได้ 4. บอกแนวทางการปฏิบัติของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์อย่างมีจรรยาบรรณได้	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. การตอบแบบฝึกหัดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม 3. สังเกตจากการตอบคำถาม
สารพันธุกรรม	1. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของสารพันธุกรรม และความสัมพันธ์ของโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน ได้ 2. บอกจำนวนและลักษณะของโครโมโซมมนุษย์และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม	1. ระบุหลักฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเพื่อยืนยันข้อสรุปของการศึกษาค้นคว้า 2. ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองโครโมโซมโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3. อธิบายได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่อธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า 4. อธิบายสาเหตุของการเกิดอคติของนักวิทยาศาสตร์และบอกวิธีหลีกเลี่ยงอคติได้ 5. บอกความสำคัญของการเผยแพร่ข้อมูลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์แก่สังคม	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. สังเกตจากการตอบคำถาม

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายการทดลองและผลการทดลองของเมนเดล 2. วิเคราะห์ และอธิบายกฎของความน่าจะเป็นกับการค้นพบกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระได้ 3. นำกฎแห่งการแยก และกฎแห่งการรวมกลุ่มอย่างอิสระ มาทำนายอัตราส่วนในรุ่น F1 และ F2 ได้ 4. อธิบายได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่อธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. แบบฝึกหัดเรื่องการศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	1. ให้เหตุผลของการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ได้ว่าเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ และปรากฏการณ์ธรรมชาติมีรูปแบบที่แน่นอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนได้ 2. ระบุหลักฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเพื่อยืนยันข้อสรุปของการศึกษาค้นคว้า 3. ให้เหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงใช้จินตนาการในการในการแสวงหาความรู้ พร้อมทั้งยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนได้ 4. อธิบายสาเหตุของการเกิดอคติของนักวิทยาศาสตร์และบอกวิธีหลีกเลี่ยงอคติได้ 5. บอกความสำคัญของการเผยแพร่ข้อมูลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์แก่สังคม	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. สังเกตจากการตอบคำถาม

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1. บอกความแตกต่างระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิสได้ 2. อธิบายความหมาย และยกตัวอย่างของคำต่อไปนี้ ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย ยีนเด่น ยีนด้อย อัลลีล ฟีโนไทป์ จีโนไทป์ ฮอมอไซกัสจีโนไทป์ เฮเทอโรไซกัสจีโนไทป์ ฮอมอไซกัสโดมิแนนท์ และฮอมอไซกัสรีเซสสีพ 3. เขียนแผนผังแสดงการผสมโดยพิจารณา 1 และ 2 ลักษณะ และทำนายอัตราส่วนของจีโนไทป์ และฟีโนไทป์ ในรุ่นลูกในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. แบบฝึกหัดเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	1. ยกตัวอย่างปรากฏการณ์ที่นักวิทยาศาสตร์ทำนายได้โดยอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลและ การศึกษาทางวิทยาศาสตร์	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. สังเกตจากการตอบคำถาม

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

แผนการจัดการเรียนรู้	วัตถุประสงค์ปกติ	การวัดประเมินผล	วัตถุประสงค์ NOS	การวัดประเมินผล
ความผิดปกติของโครโมโซมและยีน	1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และอภิปรายเกี่ยวกับโรคและความผิดปกติที่เกิดจากพันธุกรรมได้ 2. เลือกใช้เกณฑ์ในการจัดกลุ่มของโรคและความผิดปกติที่เกิดจากพันธุกรรมได้ 3. นำความรู้เรื่องความผิดปกติที่เกิดจากพันธุกรรมไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1. สังเกตจากการทำกิจกรรม 2. แบบฝึกหัดเรื่อง ความผิดปกติที่เกิดจากพันธุกรรม	1. อธิบายและทำนายอัตราส่วนของรุ่นลูกที่จะเป็นและไม่เป็นโรคทางพันธุกรรมได้ 2. ยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคมได้	1. การเขียนอนุทินสะท้อนความคิด 2. สังเกตจากการตอบคำถาม
ความก้าวหน้าและผลของเทคโนโลยีชีวภาพ	1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายขั้นตอนของเทคโนโลยีชีวภาพได้ 2. บอกผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อสิ่งมีชีวิต ต่อสังคม และสิ่งแวดล้อมได้ 3. เลือกเทคโนโลยีชีวภาพที่เหมาะสมมาแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ 4. ให้เหตุผลในการเลือกที่จะยอมรับหรือไม่ยอมรับเทคโนโลยีชีวภาพได้	1. การตอบคำถามในกิจกรรมการเรียนการสอน 2. ทำแบบฝึกหัด เรื่อง ความก้าวหน้าและผลของเทคโนโลยีชีวภาพ	1. ยกตัวอย่างขั้นตอนการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ร่วมกันหลักการทางวิทยาศาสตร์ 2. บอกความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์กับศาสตร์สาขาอื่น ๆ และบทบาทของวิทยาศาสตร์ต่อสังคมได้ 3. บอกจริยธรรมและข้อควรปฏิบัติทางจรรยาบรรณของการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยใช้สิ่งมีชีวิต 4. อธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์มีบทบาทในสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญและพลเมืองของสังคม	1. การตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน 2. การตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ปกติ เรื่อง ความผิดปกติของโครโมโซมและยีน

ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้ปกติ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
1. ขั้นสร้างความสนใจ	1. ครูเปิดวีดีทัศน์ เรื่อง เดอะดาวน์ซีรีย์ สารคดีเกี่ยวกับเด็กดาวน์ซินโดรม ให้นักเรียนเห็นลักษณะ พฤติกรรม และการใช้ชีวิตของผู้ที่เป็นดาวน์ซินโดรม 2. ครูถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความผิดปกติของโครโมโซมและยีน	1. ครูเปิดวีดีทัศน์ เรื่อง เดอะดาวน์ซีรีย์ สารคดีเกี่ยวกับเด็กดาวน์ซินโดรม ให้นักเรียนเห็นลักษณะ พฤติกรรม และการใช้ชีวิตของผู้ที่เป็นดาวน์ซินโดรม 2. ครูถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเกี่ยวกับความผิดปกติของโครโมโซมและยีน 3. ครูถามคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น - นักเรียนคิดว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุกรรม มีส่วนช่วยเกี่ยวกับโรคหรือความผิดปกติของโครโมโซมและยีนได้หรือไม่ มีส่วนช่วยอย่างไร ให้นักเรียนยกตัวอย่าง - นักเรียนคิดว่าถ้าในสังคมมีคนที่มีความผิดปกติของโครโมโซมและยีนเกิดขึ้น จะมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ **(การบ่งชี้โดยการใช้คำถาม ประเด็น N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม)**
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	1. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความผิดปกติทาง พันธุกรรมถึงสาเหตุ ลักษณะอาการ รวมทั้งให้นักเรียนจัดกลุ่มความผิดปกติทางพันธุกรรมโดยนำมาเขียนแผนผังลงในกระดาษชาร์จ 2. ครูให้นักเรียนค้นหาว่าความผิดปกติที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีรูปแบบการถ่ายทอดอย่างไร พร้อมทั้งเขียนตัวอย่างลงในกระดาษ	1. ครูให้นักเรียนตรวจสอบความผิดปกติทางพันธุกรรมถึงสาเหตุ ลักษณะอาการ รวมทั้งให้นักเรียนจัดกลุ่มความผิดปกติทางพันธุกรรมโดยนำมาเขียนแผนผังลงในกระดาษชาร์จ 2. ครูให้นักเรียนค้นหาว่าความผิดปกติที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมมีรูปแบบการถ่ายทอดอย่างไร พร้อมทั้งเขียนตัวอย่างลงในกระดาษ

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

ขั้นตอน	การจัดการเรียนรู้ปกติ	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการจัดกลุ่มโรคและความผิดปกติของโครโมโซมและยีนและร่วมกันอภิปราย 2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแผนผังแสดงการถ่ายทอดลักษณะความผิดปกติที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม	1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการจัดกลุ่มโรคและความผิดปกติของโครโมโซมและยีนและร่วมกันอภิปราย 2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแผนผังแสดงการถ่ายทอดลักษณะความผิดปกติที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม
4. ขั้นขยายความรู้	1. ครูถามคำถาม นักเรียนคิดว่าเราสามารถทำนายได้หรือไม่ว่าลูกที่เกิดขึ้นจะมีโอกาสมีความผิดปกติทางพันธุกรรม 2. ครูสร้างสถานการณ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายและทำนายโอกาสที่ลูกจะป่วยเป็นโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมจะมีโอกาสเป็นโรคหรือไม่ ร้อยละเท่าใดโดยให้นักเรียนเขียนแผนผังลงบนกระดาษชาร์จ	1. ครูถามคำถาม นักเรียนคิดว่าเราสามารถทำนายได้หรือไม่ว่าลูกที่เกิดขึ้นจะมีโอกาสมีความผิดปกติทางพันธุกรรม 2. ครูสร้างสถานการณ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายและทำนายโอกาสที่ลูกจะป่วยเป็นโรคที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมจะมีโอกาสเป็นโรคหรือไม่ ร้อยละเท่าใดโดยให้นักเรียนเขียนแผนผังลงบนกระดาษชาร์จ เมื่อจบกิจกรรมครูชี้ให้นักเรียนเห็นถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการให้คำอธิบายและทำนาย **(การบ่งชี้โดยกิจกรรมการปฏิบัติ ประเด็น N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย)**
5. ขั้นประเมิน	1. ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของการนำเสนอ 2. ให้นักเรียนเขียนบันทึกลงในอนุทินสะท้อนการเรียนรู้	1. ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องของการนำเสนอ 2. ให้นักเรียนเขียนบันทึกลงในอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

3.2 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

เป็นแบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นใน 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย และแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ มีข้อคำถามจำนวน 18 ข้อ คำถามครอบคลุมประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 9 ประเด็น ตรวจความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงโครงสร้างจากผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และนำไปทดลองใช้เพื่อพิจารณาความเหมาะสมทางด้านภาษาและระยะเวลาที่ใช้ในการตอบแบบวัดกับนักเรียนที่ไม่ได้อยู่ในกลุ่มที่ศึกษา การสร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและทำความเข้าใจสาระการเรียนรูที่ 8 ธรรมชาติของวิทาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และกรอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ทำการศึกษา เพื่อเลือกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะศึกษา

2. จัดทำกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการให้นักเรียนเข้าใจ นำกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ในการเรียบเรียงเนื้อหา จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงภาษาที่ใช้เรียบเรียงแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3. สร้างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบวัดที่เป็นคำถามปลายเปิดให้นักเรียนอธิบายคำตอบจำนวน 18 ข้อ นำแบบวัดไปให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความตรงเชิงโครงสร้าง และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

4. ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญได้นำมาปรับปรุงภาษาที่ใช้ในการสร้างข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้มีความกระชับ ถูกต้องเหมาะสม และสอดคล้องกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการศึกษามากยิ่งขึ้น รวมทั้งตัดข้อคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ตัดออก เนื่องจากมีข้ออื่นทดแทนอยู่แล้ว

5. นำแบบวัดที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้วตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญไปหาค่าความตรง (Validity) ของข้อคำถามโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาหาค่าความตรงด้วยสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ได้ค่าความสอดคล้องของข้อคำถามระหว่าง 0.08-1.00 จำนวน 18 ข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้ปรับภาษาให้กระชับและเข้าใจง่ายขึ้น

ตารางที่ 3.5 แสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการสำรวจและจำนวนข้อคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อ	ข้อที่
ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**5**	
- โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้	(3)	1, 4,11
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	(2)	7, 10
ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	**7**	
- วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	(2)	2,5
- วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ	(2)	8, 12
- วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย	(2)	1,16
- นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ	(2)	3, 15
ด้านที่ 3 ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์	**6**	
- วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม	(2)	13, 17
- การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ	(2)	14, 18
- นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม	(2)	6, 9

6. นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 40 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

7. ตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คำแนนคำตอบ โดยจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Abd-El-Khalick และ Lederman (2000) ได้แก่

1) เข้าใจถูกต้องชัดเจน (Informed Views: IV) หมายถึง คำตอบของนักเรียนในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน สามารถอธิบาย ขยายความเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และยกตัวอย่างประกอบอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์

2) เข้าใจบางส่วน (Transitional Views: TV) หมายถึง คำตอบของนักเรียนในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันบางส่วน แต่ไม่ครบทั้งหมด หรือมีความสอดคล้องบางส่วนและไม่สอดคล้องบางส่วน หรืออธิบาย ขยายความถูกต้องแต่ยกตัวอย่างไม่สอดคล้อง หรือไม่สามารถอธิบายให้เหตุผลและยกตัวอย่างประกอบที่ชัดเจน

3) ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (Naïve Views: NV) หมายถึง คำตอบ คำอธิบายเหตุผลและตัวอย่างประกอบคำตอบของนักเรียนไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทั้งหมด หรือไม่ตอบคำถาม ไม่แสดงความคิดเห็น หรือตอบโดยแสดงความไม่เข้าใจ (เช่น ตอบว่าไม่ทราบ ไม่แน่ใจ คำตอบ หลักการ เหตุผลไม่สัมพันธ์กัน หรือคำตอบไม่ตรงกับประเด็นที่ถาม) และไม่สามารถอธิบายได้ชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถาม

เกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยให้ความสำคัญกับการเขียนเหตุผลประกอบคำตอบ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 เกณฑ์ในการพิจารณาเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	**เข้าใจบางส่วน (TV)**	**ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)**
นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง และเขียนเหตุผลประกอบคำตอบได้อย่างถูกต้องชัดเจน	นักเรียนเลือกคำตอบถูกต้อง แต่เขียนเหตุผลประกอบคำตอบถูกต้องบางส่วน หรือ นักเรียนตอบไม่แน่ใจ	นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง และเขียนเหตุผลประกอบคำตอบไม่ชัดเจน หรือไม่เขียนเหตุผลประกอบ หรือเขียนเหตุผลประกอบคำตอบที่แสดงถึงความเข้าใจคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)
	และเขียนเหตุผลประกอบคำตอบ ถูกต้องชัดเจน/ หรือถูกต้องบางส่วน หรือ นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้อง และเขียนเหตุผลประกอบคำตอบ ถูกต้องบางส่วน	

แนวทางการพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แนวทางการพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View)		
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้		
ข้อคำถาม	ข้อ 1	วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมบางอย่างก็สามารถอธิบายและหาคำตอบได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์
	เห็นด้วย	สิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมรอบ ๆ ตัวเรา สามารถอธิบายและหาคำตอบได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	วิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมทุกอย่างได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	วิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมได้เท่านั้น หรือวิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมไม่ได้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View)		
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้		
ข้อคำถาม	ข้อ 4	ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนและสามารถเข้าใจได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	ปรากฏการณ์ธรรมชาติสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นที่ใดก็ สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์เดียวกัน
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางปรากฏการณ์ก็มีรูปแบบที่เปลี่ยนไปไม่แน่นอน
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีความไม่แน่นอนอธิบายได้ยาก
ข้อคำถาม	ข้อ 11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสากล สามารถอธิบายได้ทุกที่ในจักรวาล
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ยังมีปรากฏการณ์นอกโลกที่ไม่สามารถอธิบายหรือพิสูจน์ได้แน่ชัด
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	สภาวะนอกโลกต่างจากในโลก ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงอธิบายในเฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก
N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้		
ข้อคำถาม	ข้อ 7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	การพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคที่ดีขึ้น อาจทำให้ค้นพบหลักฐานใหม่หรือข้อมูลใหม่ที่อธิบายได้ดีกว่า ก็จะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางครั้งหลักฐานอาจไม่น่าเชื่อถือ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ข้อ 10	เรามักจดจำและนำ กฎ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ถ้ามีหลักฐาน หรือข้อมูลใหม่ที่น่าเชื่อถือ และอธิบายได้ดีกว่า ก็จะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ไม่เคยพบเจอเหตุการณ์ที่กฎเปลี่ยนแปลงได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	กฎเป็นความจริงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน		
ข้อคำถาม	ข้อ 2	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	หลักฐานที่มาจากการศึกษาทดลอง การสังเกตทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ นำมาใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
เข้าใจบางส่วน (TV)	เห็นด้วย / ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	การทำนายและการอธิบายปรากฏการณ์ ไม่ใช้หน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์
ข้อคำถาม	ข้อ 5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	หลักฐานและพยานทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับจากบุคคลอื่น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	พยานอาจไม่จำเป็นวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานเพียงอย่างเดียว
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	บางครั้งก็มีหลักฐานเท็จ

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ		
ข้อคำถาม	ข้อ 8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ ในการแสวงหาความรู้ โดยการผสมผสานระหว่างเหตุผลหลักการกับจินตนาการ เช่นการตั้งสมมติฐาน การสร้างแบบจำลอง
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ต้องใช้จินตนาการเฉพาะบางกรณี
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	จินตนาการทำให้ความรู้บิดเบือนไม่ถูกต้องจากความจริง
ข้อคำถาม	ข้อ 12	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	วิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์จะใช้หรือไม่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ก็ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	การออกแบบและการประดิษฐ์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ ส่วนกระบวนการอื่น ๆ ต้องใช้หลักเหตุผล
N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย		
ข้อคำถาม	ข้อ 16	นักวิทยาศาสตร์จะอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นมาแล้วด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์และไม่มีหน้าที่ในการทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์สร้างคำทำนายปรากฏการณ์ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตหลายครั้งจนได้แนวโน้มที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	หลักการทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้ แต่เมื่อนำมาทำนายผลอาจไม่แม่นยำ/หรือ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้แต่ทำนายไม่ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	การทำนายไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ		
ข้อคำถาม	ข้อ 3	นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	การทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งไม่ได้ช่วยลดความผิดพลาดในการทดลอง แต่จะช่วยในการยืนยันความถูกต้องของผลการทดลอง หรือช่วยให้แน่ใจในผลการทดลอง ทำให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ทำการทดลองครั้งเดียวก็ได้ผลที่ถูกต้องได้
	ไม่เห็นด้วย	ทำซ้ำหลายครั้งจะทำให้เกิดความชำนาญ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	ทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งข้อผิดพลาดจะน้อยลง
ข้อคำถาม	ข้อ 15	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อในแนวคิดและมีการตีความแตกต่างกัน/ทำให้ความคิดเห็นไม่ตรงกัน/หรือเพราะสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์ไม่ควรแบ่งแยกเพศเชื่อชาติ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่ใช้เชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิมมาเกี่ยวข้องกับการทำงาน
ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม		
ข้อคำถาม	ข้อ 13	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	เป็นการเปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่น่าเชื่อถือ

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ระดับความเข้าใจ	คำตอบ	เหตุผลประกอบคำตอบ
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ถ้าไม่ตรวจสอบความรู้อาจผิดพลาด
	เห็นด้วย	เป็นการเพิ่มพยานในการรับรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ไม่จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ให้ผู้อื่นตรวจสอบถ้านักวิทยาศาสตร์ทดลองอย่างรอบคอบแล้ว
ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ		
ข้อคำถาม	ข้อ 17	นักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดยที่ความต้องการของคนในสังคมไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ทำงานเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์อาจทำตามความต้องการของสังคมหรือไม่ก็ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	สังคมไม่เกี่ยวข้องกับงานของนักวิทยาศาสตร์
ข้อคำถาม	ข้อ 14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ ยึดหลักคุณธรรม จริยธรรม ต้องบันทึกผลการทดลองด้วยความซื่อสัตย์ รวมทั้งมีใจกว้างยอมรับการตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์บางคนก็ยังมีการทดลองที่ขัดกับศีลธรรม
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำประโยชน์ให้ผู้คนได้มากมากจึงต้องทดลองให้ได้ผลก่อนที่จะคำนึงถึงศีลธรรม
ข้อคำถาม	ข้อ 18	นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องรายงานผลตรงตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเสมอ ถึงผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ยึดหลักจรรยาบรรณที่จะต้องไม่บิดเบือนข้อมูล /หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อาจเปลี่ยนแปลงได้ หรือไม่ถูกต้อง
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

ระดับความเข้าใจ	คำตอบ	เหตผลประกอบคำตอบ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ถ้าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีถือเป็นข้อมูลที่ผิด ไม่ควรรายงานให้เกิดความสับสน
ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม		
ข้อคำถาม	ข้อ 6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์นำเอาความรู้มาเป็นข้อมูลเพื่อช่วยให้สังคมเข้าใจเหตุการณ์ต่าง ๆ แต่ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เพราะเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นในการตัดสินใจ
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางปัญหาก็ไม่ได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีความรู้มาก ทำให้ตัดสินปัญหาได้อย่างถูกต้อง
ข้อคำถาม	ข้อ 9	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีบทบาทในสังคม คือ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการคิดวิเคราะห์มาอธิบายให้สังคมเข้าใจในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยที่เขาไม่สามารถแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึก ต่าง ๆ ได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์มีบทบาทเป็นพลเมืองของสังคม ซึ่งมีสิทธิที่จะแสดงความคิดเห็น และแสดงความรู้สึกเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคมเช่นเดียวกับบุคคลทั่วไปในสังคม
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่ต้องแสดงความรู้สึก/ หรือนักวิทยาศาสตร์มีความรู้จึงอธิบายให้สังคมทราบ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์แสดงความคิดเห็นจะทำให้สังคมเข้าใจความจริงคลาดเคลื่อน/ หรือ เพราะความคิดเห็นหรือความรู้สึกอาจไม่ถูกต้อง/ หรือ การแสดงความรู้สึกควรเป็นคนอื่นในสังคมไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์

8. วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยอ่านคำตอบในแต่ละข้อคำถามอย่างละเอียด และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม

9. นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) พบว่ามีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.58-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35-0.75 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้การคำนวณสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.904 สามารถนำข้อสอบไปใช้ได้จำนวน 18 ข้อ

3.3 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

เป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึกจุดมุ่งหมายของการใช้อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ เพื่อศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธุกรรม และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้

3.3.1 ศึกษารูปแบบของอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ จากนั้นสร้างหัวข้อ เพื่อให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเอง

3.3.2 นำอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความเหมาะสมของหัวข้อที่กำหนดให้นักเรียนเขียนบันทึก และปรับปรุงความเหมาะสมของหัวข้อในการเขียนบันทึกของนักเรียนตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.3.3 ได้อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึก

3.4 แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้มีลักษณะกึ่งโครงสร้าง สร้างขึ้นสำหรับให้ผู้วิจัยใช้บันทึกเหตุการณ์ระหว่างการจัดการเรียนรู้ และบันทึกผลหลังจากการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.4.1 ศึกษารูปแบบของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่าง ๆ เพื่อกำหนดกรอบการบันทึกของผู้วิจัย ระหว่างและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ เรื่องพันธุกรรม และและบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียน

3.4.2 สร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา จำนวน 2 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่านมาปรับปรุงกรอบการบันทึกให้สามารถบันทึกข้อมูลที่ต้องการเก็บรวบรวมให้มากยิ่งขึ้น

3.4.3 ได้แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ที่มีกรอบการบันทึก และนำแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยแบบกึ่งทดลอง (quasi experimental research) โดยใช้แผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมที่ไม่เท่าเทียมกัน วัดก่อนและหลังการทดลอง (nonequivalent control group pretest-posttest design)

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

5.1 นำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จำนวน 18 ข้อ ไปทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมก่อนดำเนินการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง แล้วจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนตามเกณฑ์ที่กำหนด

5.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองกับกลุ่มทดลอง ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม จำนวน 6 แผน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง และกลุ่มควบคุม ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ปกติ เรื่องพันธุกรรม จำนวน 6 แผน เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

5.3 เมื่อจบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนความคิด และผู้วิจัยบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังจากการจัดการเรียนรู้ทุกแผน

5.4 เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ เรื่อง พันธุกรรม ให้นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หลังเรียน (Posttest) ซึ่งเป็นแบบวัดเดียวกับก่อนเรียน

5.5 วิเคราะห์ผลเชิงเนื้อหาจากตารางพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจและให้คะแนนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยหากข้อมูลคำตอบของนักเรียนยังไม่ชัดเจน ผู้วิจัยจะสัมภาษณ์นักเรียนอย่างไม่เป็นทางการเพิ่มเติม จากนั้นนำเสนอข้อมูลต่ออาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระ หากอาจารย์ที่ปรึกษามีความคิดเห็นไม่ตรงกับผู้วิจัย ผู้วิจัยและอาจารย์ที่ปรึกษาจะอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปของการจัดกลุ่มคำตอบก่อนคำนวณผลคะแนนและหาค่าร้อยละของความถี่ของคำตอบในแต่ละกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนนักเรียนทั้งหมดที่เป็นกลุ่มทดลอง

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

6.2 เปรียบเทียบคำตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา แล้วจัดกลุ่มคำตอบ บันทึกคะแนน ความถี่และร้อยละของนักเรียนกลุ่ม

ในการวิจัยครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการตอบคำถามในแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นใน 3 ระดับ คือ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย และแสดงเหตุผลประกอบคำตอบ มีข้อคำถามจำนวน 18 ข้อ คำถามครอบคลุมประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 9 ประเด็น ผู้วิจัยดำอ่านคำตอบในแต่ละข้อคำถามอย่างละเอียด และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกันโดยจัดกลุ่มตามแนวคิดของ Abd-El-Khalick และ Lederman (2000) พร้อมทั้งให้คะแนน ดังนี้ 1) เข้าใจถูกต้องชัดเจน(IV) 3 คะแนน 2) เข้าใจบางส่วน(TV) 2 คะแนน และ 3) ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV) 1 คะแนน จากนั้นระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม สถิติที่ใช้ในการวิจัยคือ

1) ความถี่
2) ค่าร้อยละ
3) ค่าเฉลี่ย
4) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
5) การทดสอบค่าที

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ เรื่อง พันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ จากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ได้ดำเนินการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งได้นำเสนอผลวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ
2. ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
3. ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
4. ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน รวม 9 ประเด็น ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

ด้านที่ 2 ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

ด้านที่ 3 ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์

N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

ตารางที่ 4.1 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
กลุ่มควบคุม	34	54	31.32	3.44	1.851
กลุ่มทดลอง	34	54	29.70	3.75	

$p > .01$

จากตารางที่ 4.1 เมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติด้วยค่าสถิติค่าที (t-test) เมื่อพิจารณาค่า t พบว่า ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากการเรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)					
	ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ			ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		
	IV	TV	NV	IV	TV	NV
ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์						
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้	28.43	50.98	20.59	6.87	61.76	31.37
N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	27.06	39.12	33.62	17.65	51.47	30.88
ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	40.59	37.35	22.06	22.94	39.71	37.35
N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ	15.29	39.70	45.01	14.7	33.83	51.47
N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย	47.06	29.41	23.53	58.83	14.70	26.47
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ	7.35	20.59	72.06	20.59	35.29	44.12
ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์						
N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม	41.18	43.82	15.00	16.18	45.59	38.23
N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ	45.59	32.35	22.06	22.06	29.41	48.53
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม	32.35	38.23	29.42	2.94	22.06	75.00

จากตารางที่ 4.2 จากการเปรียบเทียบ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ พบว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสร์

(1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 50.98) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 61.76)

(2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 39.12) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 51.47)

(3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 40.59) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 39.71)

(4) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 45.01) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 51.47)

(5) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 47.06) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ58.83)

(6) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ72.06) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 44.12)

(7) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 43.82) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 45.59)

(8) การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 45.59) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 48.53)

(9) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม ก่อนการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 38.23) ส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่ นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 75.00)

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตารางที่ 4.3 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	34	54	31.32	3.44	10.534*
หลังเรียน	34	54	40.65	4.44	

*p < .01

จากตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติด้วยค่าสถิติ ค่าที (t-test) เมื่อพิจารณาค่า t แสดงให้เห็นว่า ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.4 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	34	54	29.70	3.75	31.247*
หลังเรียน	34	54	51.00	1.60	

*p < .01

จากตารางที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วยค่าสถิติ ค่าที (t-test) เมื่อพิจารณาค่า t แสดงให้เห็นว่า ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)					
	ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์			หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		
	IV	TV	NV	IV	TV	NV
ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์						
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้	6.87	61.76	31.37	78.43	18.63	2.94
N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	17.65	51.47	30.88	94.12	5.88	0.00
ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	22.94	39.71	37.35	95.59	2.94	1.47
N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ	14.7	33.83	51.47	94.12	5.88	0.00
N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย	58.83	14.70	26.47	97.05	2.95	0.00
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ	20.59	35.29	44.12	66.18	25.00	8.82
ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์						
N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม	16.18	45.59	38.23	91.18	7.35	1.47
N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ	22.06	29.41	48.53	83.83	14.70	1.47
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม	2.94	22.06	75.00	86.76	8.82	4.42

จากตารางที่ 4.5 จากการเปรียบเทียบ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่า ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสร์

(1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 61.76) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ31.37) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 6.87) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ78.43) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 18.63) และนักเรียนส่วนน้อยมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 2.94)

(2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 51.47) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 30.88) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 17.65) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน(ร้อยละ 94.12) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 5.88) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 39.71) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 37.35) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 22.94) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 95.59) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 2.94) และนักเรียนทมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (1.47)

(4) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 51.47) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 33.83) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 14.70) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 94.12) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 5.88) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(5) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 58.83) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 26.47) และมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 14.70) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่

มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 97.05) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 2.95) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(6) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 44.12) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 35.29) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 20.59) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 66.18) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 25.00) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 8.82)

(7) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 45.59) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 38.23) และมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 16.18) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 91.18) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 7.35) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 1.47)

(8) การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจ คลาดเคลื่อน(ร้อยละ 48.53) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 29.41) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 22.06) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 83.83) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 14.70) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 1.47)

(9) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 75.00) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 22.06) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 2.94) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 86.76) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 8.82) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 4.42)

ตอนที่ 4 ผลการศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

ตารางที่ 4.6 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กับการเรียนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
กลุ่มควบคุม	34	54	40.65	4.44	12.785*
กลุ่มทดลอง	34	54	51	1.60	

*p < .01

จากตารางที่ 4.6 เมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติด้วยค่าสถิติค่าที (t-test) เมื่อพิจารณาค่า t แสดงให้เห็นว่า ความเข้าใจธรรมชาติองวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่าการเรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ

ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)					
	หลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ			หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์		
	IV	TV	NV	IV	TV	NV
ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์						
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้	42.16	45.10	12.74	78.43	18.63	2.94
N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้	58.83	10.29	30.88	94.12	5.88	0.00
ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์						
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน	67.65	17.65	14.7	95.59	2.94	1.47
N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ	51.47	30.88	17.65	94.12	5.88	0.00
N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย	67.65	20.59	11.76	97.05	2.95	0.00
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ	10.29	25.00	64.71	66.18	25.00	8.82
ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์						
N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม	60.29	22.05	17.66	91.18	7.35	1.47
N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ	58.82	27.94	13.24	83.83	14.70	1.47
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม	35.29	41.18	23.53	86.76	8.82	4.42

จากตารางที่ 4.7 จากการเปรียบเทียบ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ พบว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

(1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 45.10) นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 42.16) และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ12.74) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ละการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ78.43) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 18.63) และนักเรียนส่วนน้อยมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 2.94)

(2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 58.83) นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 30.88) และมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ10.29) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 94.12) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 5.88) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(3) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 67.65) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ17.65) และ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 14.70) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 95.59) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 2.94) และนักเรียนทมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (1.47)

(4) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 51.47) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 17.65) และ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 14.70) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 94.12) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 5.88) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(5) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 67.65) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 20.59) และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 11.76) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 97.05) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 2.95) และไม่มีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน

(6) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 64.71) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 25.00) และ มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 10.29) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 66.18) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 25.00) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 8.82)

(7) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 60.29) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 22.05) และมีความเข้าใจ คลาดเคลื่อน(ร้อยละ 17.66) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 91.18) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 7.35) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 1.47)

(8) การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 58.82) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 27.94) และมีความเข้าใจ คลาดเคลื่อน(ร้อยละ 13.24) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 83.83) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 14.70) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 1.47)

(9) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม หลังการเรียนแบบปกติ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 41.18) นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 35.29) และ มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน(ร้อยละ 23.53) หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน (ร้อยละ 86.76) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน (ร้อยละ 8.82) และนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 4.42)

พิจารณาคำตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยกำหนดให้ตัวอักษร S ตามด้วยเลขที่ เช่น S08 หมายถึง นักเรียนเลขที่ 8 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตัวอักษร SS ตามด้วยเลขที่ เช่น SS27 คือนักเรียน เลขที่ 27 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ มีดังนี้

ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

1. N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

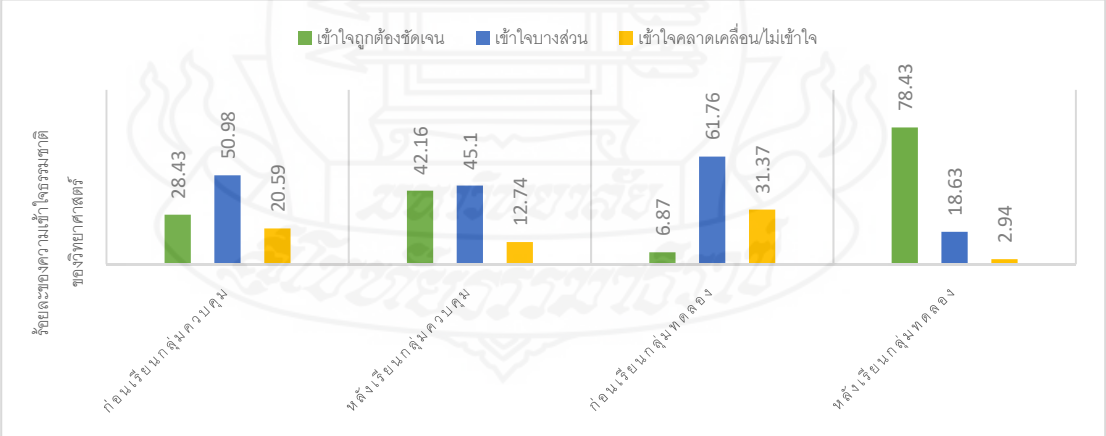
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ วิทยาศาสตร์คือการพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งของ ปรากฏการณ์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในจักรวาล ซึ่งนักวิทยาศาสตร์พยายามสร้างแบบแผน (patterns) ของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น วิทยาศาสตร์มีความเป็นสากลและเป็นระบบเดียวไม่ว่าอยู่ที่ใดในจักรวาล ดังนั้นปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้นจะอยู่ภายใต้กฎพื้นฐานเดียวกัน

ตารางที่ 4.8 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. เพราะวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ทดลองและหาคำตอบได้แม้แต่สิ่งที่จับต้องไม่ได้ (S06 หลังเรียน) 2. วิทยาศาสตร์จับต้องได้ ทั้งคน สัตว์ สิ่งของรอบๆ ตัวเรา (S32 ก่อนเรียน) 3. วิทยาศาสตร์มีรูปแบบ มีแบบแผนที่ศึกษาได้ (S08 หลังเรียน) 4. เหตุการณ์บนโลกหรือนอกโลกอธิบายได้ด้วยหลักเดียวกัน เช่นกฎของนิวตัน (S10 หลังเรียน)	28.43	42.16	6.87	78.43
TV เข้าใจบางส่วน	1. วิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมทุกอย่างได้ (S30 ก่อนเรียน) 2. เพราะปรากฏการ์มีการเปลี่ยนแปลงไม่แน่นอน (S04 ก่อนเรียน) 3. ยังมีปรากฏการณ์นอกโลกที่ไม่สามารถอธิบายหรือพิสูจน์ได้แน่ชัด (S15 หลังเรียน) 4. เมื่ออยู่นอกโลก คำอธิบายย่อมเปลี่ยนไป (S07 ก่อนเรียน)	50.98	45.10	61.76	18.63

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. วิทยาศาสตร์บางอันก็เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ (S07 ก่อนเรียน) 2. บางสิ่งบางอย่างก็ไม่ใช้วิทยาศาสตร์ในการอธิบาย (S24 ก่อนเรียน) 3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใช้บนโลก ดาราศาสตร์ใช้นอกโลก (S28 ก่อนเรียน) 4. ความรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นจริงบนโลกเมื่ออยู่นอกโลกก็ต้องศึกษากันใหม่ (SS18 หลังเรียน)	20.59	12.74	31.37	2.94



ภาพที่ 4.1 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็น โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้

2. N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

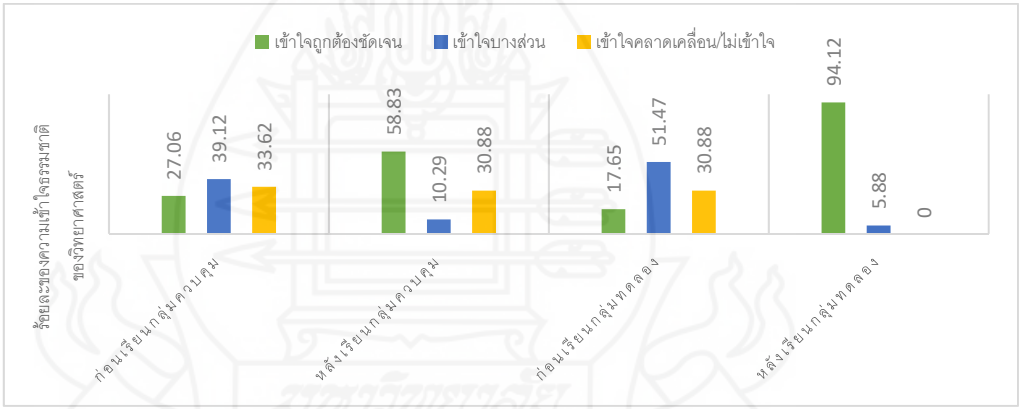
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ เมื่อมีความรู้ใหม่คัดค้านกับความรู้เดิม โดยความรู้ใหม่นั้นสามารถอธิบายได้ ครอบคลุมมากกว่า ในทางวิทยาศาสตร์แล้วจะมีการตรวจสอบและการพัฒนาทฤษฎีอยู่เสมอ บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีเก่าเป็นทฤษฎีใหม่ หรือการพัฒนาทฤษฎีใหม่โดยใช้พื้นฐานจากทฤษฎีเก่า

ตารางที่ 4.9 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. เช่นแบบจำลองอะตอมก็เปลี่ยนแปลงได้ (S02 ก่อนเรียน) 2. กฎทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ใครจะรู้การทดลองครั้งต่อไปอาจพลิกโฉมวงการได้ (S20 หลังเรียน) 3. กฎสามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ เช่น กฎของเมนเดลที่อธิบายไม่ทั้งหมด (S29 หลังเรียน)	27.06	58.83	17.65	94.12
		27.06	58.83	17.65	94.12
TV เข้าใจบางส่วน	1. ความรู้เปลี่ยนได้แต่ความจริงเปลี่ยนไม่ได้ (S01 ก่อนเรียน) 2. กฎผ่านการพิสูจน์และตรวจสอบมากจึงไม่น่าจะเปลี่ยนแปลงได้ (SS13 หลังเรียน) 3. ความรู้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้ (SS31 หลังเรียน)	39.12	10.29	51.47	5.88

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้เพราะมันถูกพิสูจน์มาแล้วและทางโรงเรียนก็นำมาสอน (S25 ก่อนเรียน) 2. กฎเป็นความจริงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (S33 หลังเรียน)	33.62	30.88	30.88	0.00



ภาพที่ 4.2 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้

ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ แบ่งออกเป็น 4 ประเด็น คือ 1) N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน 2) N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ 3) N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย 4) N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มดังนี้

1. N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

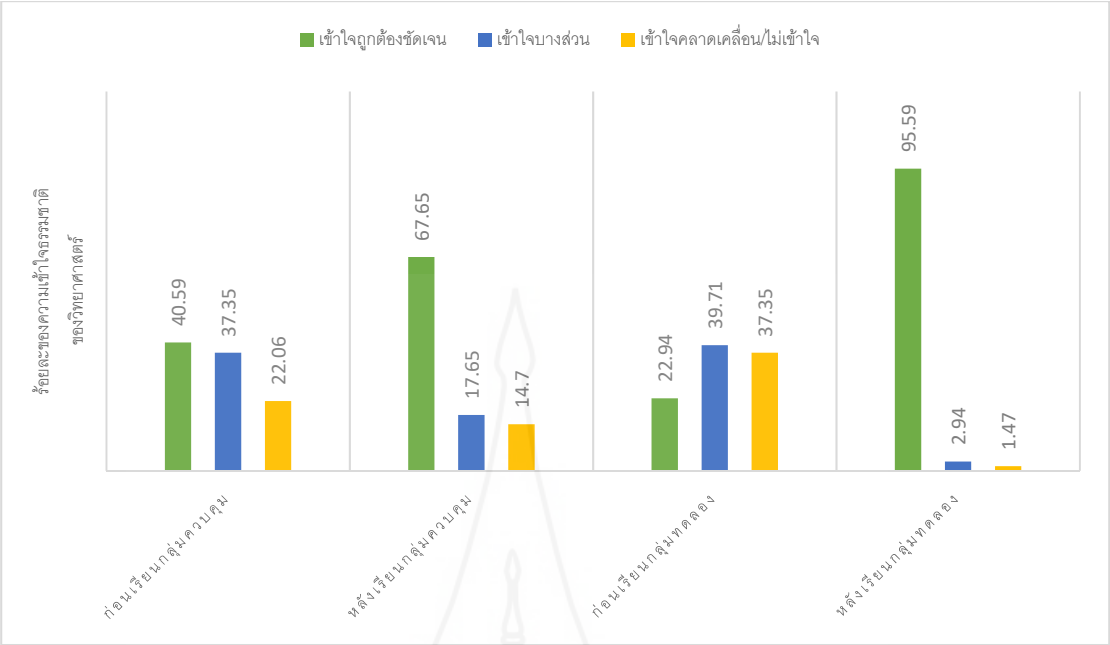
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องและน่าเชื่อถือเนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้มาจากกระบวนการที่น่าเชื่อถือที่ใช้ในการสืบเสาะเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และข้อค้นพบต่าง ๆ ของผู้ศึกษาวิจัยจะต้องได้รับการตรวจสอบหลักฐานจากบุคคลอื่น และได้รับการยอมรับจากหลักฐานดังกล่าว

ตารางที่ 4.10 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. นักวิทยาศาสตร์เอาหลักฐานมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์เพื่ออธิบายและทำนายปรากฏการณ์ (S02 หลังเรียน) 2. เพราะการอธิบายทำนายต่าง ๆ ต้องทำภายใต้หลักฐานที่มี (S06 หลังเรียน)	40.59	67.65	22.94	95.59

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน (ต่อ)	3. หลักฐานเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือ (S12 หลังเรียน) 4. หลักฐานทำให้การทดลองน่าเชื่อถือ (SS17 ก่อนเรียน)				
TV เข้าใจบางส่วน	1. พยานไม่จำเป็นเท่าไหร่ ขอแค่ให้ทำการทดลองซ้ำออกมาแล้วได้ตามที่เขาบอกก็โอเค (S07 ก่อนเรียน) 2. พยานไม่แน่นอนใช้หลักฐานน่าเชื่อถือกว่า (SS11 หลังเรียน)	37.35	17.65	39.71	2.94
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. ต้องมีทฤษฎีมาสนับสนุน (S02 ก่อนเรียน) 2. พยานไม่จำเป็นเพราะไม่แม่นยำเท่าเครื่องมือวิทยาศาสตร์ (S04 ก่อนเรียน) 3. บางครั้งก็มีหลักฐานเท็จ บางเรื่องก็หาหลักฐานไม่ได้ (SS26 หลังเรียน)	22.06	14.7	37.35	1.47



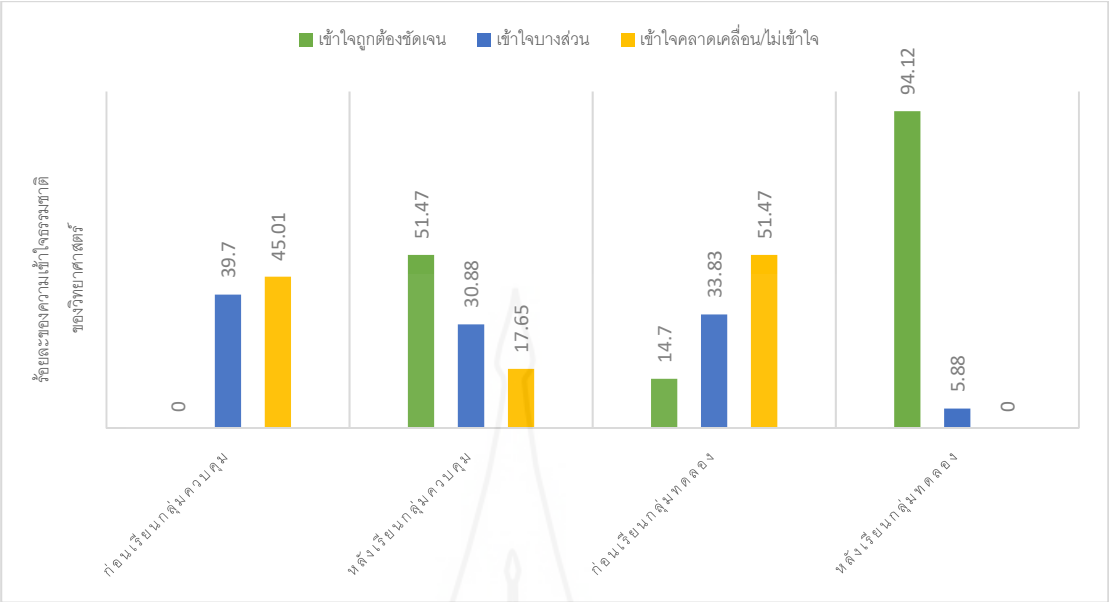
ภาพที่ 4.3 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน

2. N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ การตั้งสมมติฐานและทฤษฎีเป็นขั้นตอนเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มาผสมผสานกับความรู้ที่มาจากหลักการและเหตุผล ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์ไปหยิบความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ แต่เกิดจากการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวนักวิทยาศาสตร์เอง โดยอาศัยเหตุผลและจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ เช่น ทฤษฎีอะตอม ที่นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ทั้งหลักฐานที่สามารถสังเกตได้ร่วมกับจินตนาการเพื่อสร้างแบบจำลองอะตอมขึ้นมา ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์บางคนอาจมีความคิดเห็นหรือเหตุผลต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ต่างกัน

ตารางที่ 4.11 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. จินตนาการช่วยให้คิดวิธีการทดลองหรือคิดแบบจำลองต่าง ๆ ได้ (S05 หลังเรียน) 2. วิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ในทุกขั้นตอน (S23 หลังเรียน) 3. จินตนาการมีความสำคัญในหลายๆ ขั้นตอนไม่ใช่แค่ประดิษฐ์เท่านั้น (S09 หลังเรียน)	15.29	51.47	14.70	94.12
TV เข้าใจบางส่วน	1. ต้องคำนึงถึงความสำคัญ ประโยชน์และผลเสียด้วย (S10 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการเฉพาะบางกรณี (S20 ก่อนเรียน) 3. การออกแบบและการประดิษฐ์ต้องใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ด้วย (SS21 หลังเรียน)	39.70	30.88	33.83	5.88
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. จินตนาการทำให้ความรู้บิดเบือน (SS10 หลังเรียน) 2. การประดิษฐ์อาศัยความคิดสร้างสรรค์ ส่วนกระบวนการอื่น ต้องใช้หลักเหตุผล (SS27 ก่อนเรียน) 3. นักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความจริงคิดเท่านั้น (S30 ก่อนเรียน)	45.01	17.65	51.47	0.00



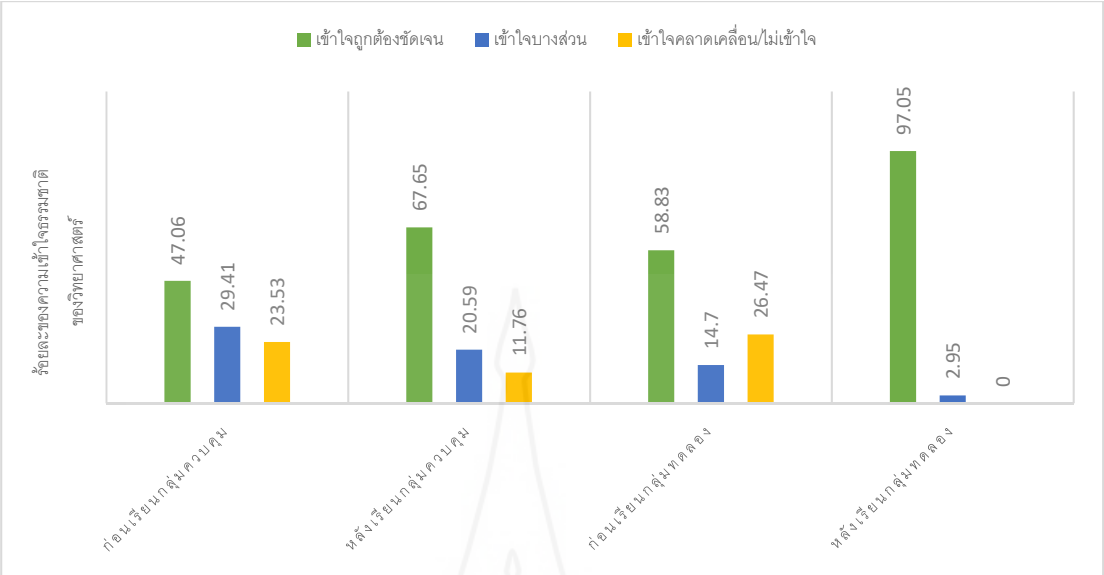
ภาพที่ 4.4 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ

3. N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ นักวิทยาศาสตร์พยายามทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สังเกตได้และสร้างคำอธิบายรวมถึงคำทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลายครั้งเพื่อใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไป เช่น นักวิทยาศาสตร์ทำนายว่าอุณหภูมิของโลกจะเพิ่มขึ้นอีก 1 องศาเซลเซียส คำทำนายนี้ก็ได้จากการบันทึก เก็บรวบรวมข้อมูลแล้วมองหาความสัมพันธ์และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นต่อไป คำอธิบายและคำทำนายนั้นจะได้รับการยอมรับหากนักวิทยาศาสตร์ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องและเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน

ตารางที่ 4.12 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. เพราะนักวิทยาศาสตร์มีข้อมูลความรู้สามารถ และเป็นหน้าที่ทำนายปรากฏการณ์ (S02 หลังเรียน) 2. เรานำความรู้วิทยาศาสตร์มาอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ (S33 ก่อนเรียน)	47.06	67.65	58.83	97.05
TV เข้าใจบางส่วน	1. ทำนายได้เป็นบางอย่าง แต่แผ่นดินไหวทำนายไม่ได้เหนือการคาดเดา (S05 ก่อนเรียน) 2. เพราะบางเรื่องก็สามารถทำนายถึงอนาคตได้ แต่แค่อนาคตใกล้ ๆ (SS18 หลังเรียน)	29.41	20.59	14.70	2.95
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. การทำนายไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (SS14 หลังเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ให้คนอื่นทำนาย แต่นักวิทยาศาสตร์ให้ข้อมูล (S04 ก่อนเรียน) 3. มีศาสตร์แห่งการทำนายโดยนักพยากรณ์ (S10 ก่อนเรียน)	23.53	11.76	26.47	0.00



ภาพที่ 4.5 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

4. N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

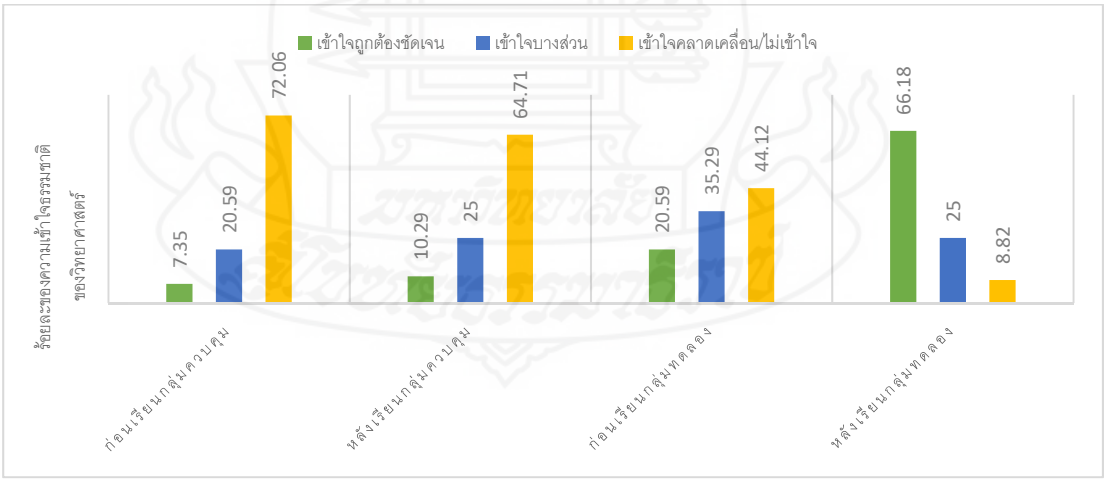
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ เนื่องจากการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน ในการได้มาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีอคติเกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการเก็บข้อมูล การอธิบาย การรายงานผล การตีความ การเลือกพิจารณาข้อมูล โดยความมีอคติอาจเกิดจากจินตนาการ ประสบการณ์เดิม เชื้อชาติ เพศ อายุ คุณธรรมจริยธรรม นโยบายของรัฐ การเมือง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องพยายามค้นหาสาเหตุของการเกิดอคติและพยายามที่จะหลีกเลี่ยงการมีอคติ วิธีหนึ่งที่ทำได้โดยการสังเกต ทดสอบ หรือทดลองหลาย ๆ ครั้ง และทำการศึกษาในเรื่องเดียวกันแต่มีกลุ่มผู้ศึกษาหลายกลุ่ม

ตารางที่ 4.13 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. ช่วยยืนยันข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นกว่าคนที่ทดลองครั้งเดียว (S02 ก่อนเรียน) 2. ความคิดความเชื่อต่างกันของนักวิทยาศาสตร์เห็นได้จากการสร้างแบบจำลองอะตอม (SS22 หลังเรียน) 3. เช่นเมนเดลศึกษาต้นถั่วซ้ำไปซ้ำมาหลายรอบหลายต้นก็เพื่อยืนยันว่าได้ผลเหมือนเดิม (S03 หลังเรียน) 4. นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมีประสบการณ์เดิม (S10 หลังเรียน)	7.35	10.29	20.59	66. 18
TV เข้าใจบางส่วน	1. ความเชื่ออาจไม่มีผลแต่ประสบการณ์ทางวิทย์มีผลต่อการทำงาน (S04 ก่อนเรียน) 2. ทำการทดลองซ้ำเราจะทำการทดลองได้ดีขึ้นเรื่อย ๆ (S09 ก่อนเรียน) 3. เชื้อชาติแตกต่างกันสื่อสารกันยาก (SS16 หลังเรียน) 4. ทำซ้ำเพื่อจะได้หาค่าเฉลี่ย (SS18 ก่อนเรียน)	20.59	25.00	35.29	25.00

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. ทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ข้อผิดพลาดจะน้อยลง (SS01 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่เอาความเห็นส่วนตัวมาเกี่ยว (S08 ก่อนเรียน) 3. นักวิทยาศาสตร์ที่มีเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิมต่างกันไม่มีผลกับการทำงาน (S24 หลังเรียน)	72.06	64.71	44.12	8.82



ภาพที่ 4.6 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ

ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์

การวิเคราะห์ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์ ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และจัดกลุ่มคำตอบที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่มดังนี้

1. N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

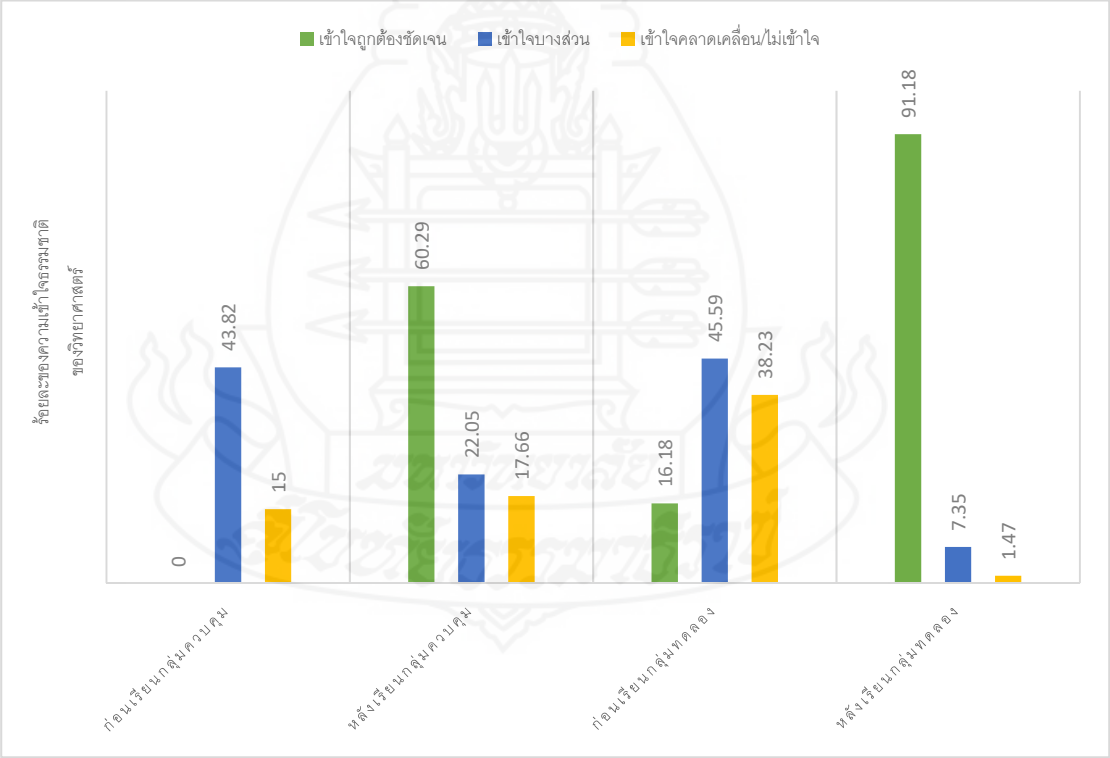
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการทำงานในหลายสาขา หลายวิธีการ และเพศ และดำเนินงานภายใต้กลักการสากลที่เป็นที่ยอมรับ มนุษย์ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ตลอดเวลา ซึ่งบุคคลที่นำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร เป็นต้น บุคคลเหล่านี้ใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปประกอบการทำงานเฉพาะทาง กิจการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมทางสังคมที่เกิดขึ้นและได้รับผลสะท้อนต่อความคิดเห็นและทัศนคติต่าง ๆ อยู่เสมอ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาและได้ข้อมูลแล้วจะเผยแพร่ข้อมูลเพื่อเปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือต่อไป

ตารางที่ 4.14 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. การตรวจสอบหลาย ๆ ครั้ง จากนักวิทยาศาสตร์หลายคนจะน่าเชื่อถือกว่าคนเดียว (S08 หลังเรียน)	41.18	60.29	16.18	91.18
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน (ต่อ)	2. การเผยแพร่เป็นการเปิดโอกาสนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้พัฒนาความรู้ให้น่าเชื่อถือ (S15 หลังเรียน) 3. การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้รับผลกระทบจากความคิดเห็นและความต้องการจากสังคม เช่นการต่อต้านการโคลนมนุษย์ (S08 หลังเรียน)	41.18	60.29	16.18	91.18
TV เข้าใจบางส่วน	1. คนในสังคมจะไม่ค่อยยุ่งกับนักวิทยาศาสตร์โดยตรง (S03 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ทำงานตามความสนใจ (SS11 หลังเรียน) 3. ไม่จำต้องเผยแพร่ตรวจสอบเพราะผ่านการพิสูจน์มาดีแล้ว (S30 ก่อนเรียน) 4. ควรเผยแพร่เพื่อเป็นความรู้เมื่อผ่านการตรวจสอบมาดีก่อนแล้ว (SS34 หลังเรียน)	43.82	22.05	45.59	7.35

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. เรายึดหลักที่เราทดลองหรือค้นคว้าได้ความคิดเห็นภายนอกไม่มีผล (S09 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ทดลองกับสังคม (SS11 หลังเรียน)	15.00	17.66	38.23	1.47



ภาพที่ 4.7 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

2. N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

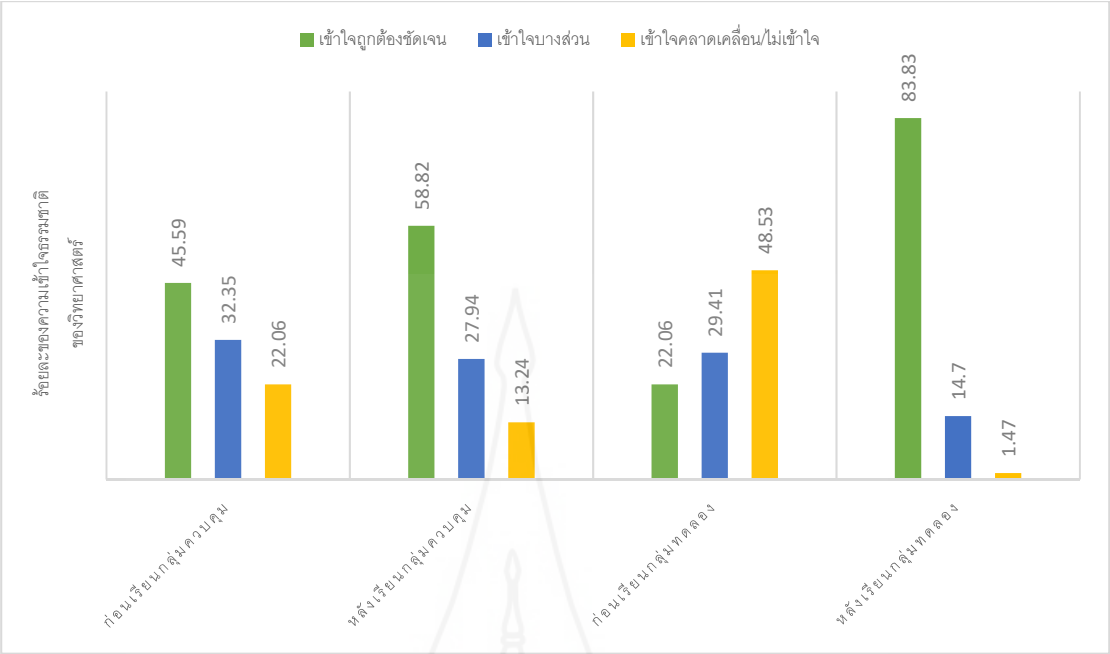
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ นักวิทยาศาสตร์ทำงานโดยยึดหลักคุณธรรม โดยนักวิทยาศาสตร์ยึดหลักจรรยาบรรณและที่ถือปฏิบัติกันอย่างเคร่งครัดในเรื่องของการเก็บบันทึกข้อมูลที่ถูกต้อง ความซื่อสัตย์และความใจกว้าง การมีใจยอมรับการตรวจสอบ การวิพากษ์วิจารณ์ของนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน

ตารางที่ 4.15 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. นักวิทยาศาสตร์ใช่ว่าจะต้องศึกษาถึงประโยชน์อย่างเดียวต้องมีศีลธรรมด้วย ไม่งั้นโลกนี้คงอยู่ยากมากขึ้น (S04 หลังเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์ต้องมีศีลธรรม (SS26 ก่อนเรียน) 3. นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่บิดเบือนแก้ไขผลการทดลอง เพราะจะทำให้ไม่ได้ความรู้ใหม่ (S18 หลังเรียน)	45.59	58.82	22.06	83.83
TV เข้าใจบางส่วน	1. นักวิทยาศาสตร์เลี่ยงไม่ทดลองกับมนุษย์ แต่ทดลองกับสัตว์แทน (S01 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์สามารถรายงานเป็นความผิดพลาดในการทดลองได้ (S09 ก่อนเรียน)	32.35	27.94	29.41	14.70

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
TV เข้าใจบางส่วน (ต่อ)	3. เมื่อผลการทดลองไม่เหมือนทฤษฎี อาจเกิดจากความผิดพลาดจึงควรทดลองซ้ำก่อน (S14 หลังเรียน)				
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. บางสิ่งก็ต้องทดลองและศึกษาเพราะมันเป็นประโยชน์กับตัวและเราทำให้ได้ความรู้ (S03 ก่อนเรียน) 2. เพราะหากคนอยู่แต่ในศีลธรรมก็คงจะไม่มีอะไรพัฒนาละค่ะ (S08 ก่อนเรียน) 3. ถ้าผลการทดลองไม่ตรงตามทฤษฎีให้แก้ไขข้อมูลให้ถูกต้องก่อน (SS14 หลังเรียน)	22.06	13.24	48.53	1.47



ภาพที่ 4.8 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นการวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ

3. N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม

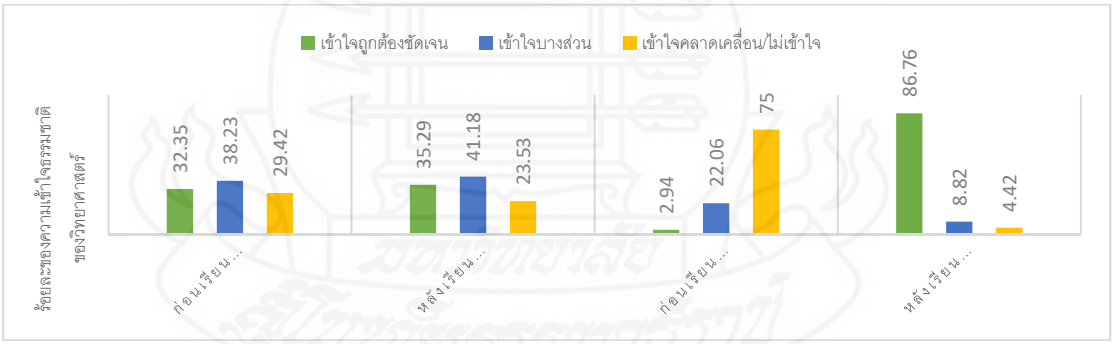
แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ นักวิทยาศาสตร์มีบทบาททั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นในสังคม นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ หรือช่วยเหลือสังคมให้เข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังช่วยประเมินผลที่อาจเกิดขึ้นจากนโยบายที่รัฐบาลกำหนดขึ้น แต่อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถระบุหรือชี้ชัดว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เนื่องจากว่าเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ สำหรับอีกบทบาทหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์คือ การเป็นพลเมืองของสังคม ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนคนทั่วไป ที่บางครั้งอาจมีอคติ มีความรู้สึกต่าง ๆ

ตารางที่ 4.16 แสดงคำตอบของนักเรียน และร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ประเด็น นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
IV เข้าใจถูกต้องชัดเจน	1. นักวิทยาศาสตร์ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ประกอบการตัดสินของตำรวจ (S01 หลังเรียน) 2. เช่นการเลือกใช้สารเคมี หรือพืช GMOs หรือการสร้างโรงไฟฟ้า นักวิทยาศาสตร์ก็ออกมาให้ข้อมูลแต่ตัดสินอะไรไม่ได้ (S06 หลังเรียน) 3. เพราะนักวิทยาศาสตร์ก็สามารถแสดงความรู้สึกได้ (S32 ก่อนเรียน)	32.35	35.29	2.94	86.76
TV เข้าใจบางส่วน	1. การจะบอกว่าถูกหรือผิดขึ้นกับปัญหานั้นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์รึเปล่า (S05 ก่อนเรียน) 2. นักวิทยาศาสตร์อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์เท่านั้น ความคิดเห็นอาจทำให้ไม่น่าเชื่อถือ (SS18 หลังเรียน) 3. สามารถออกความคิดเห็นให้เข้ากับหลักการทางวิทยาศาสตร์ (S23 ก่อนเรียน)	38.23	41.18	22.06	8.82

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

กลุ่มความเข้าใจ	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียน	ร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (N=34)			
		การเรียนแบบปกติ		การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	
		ก่อนเรียน	หลังเรียน	ก่อนเรียน	หลังเรียน
NV ไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน	1. เป็นหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้ความรู้ในการตัดสิน (SS02 ก่อนเรียน) 2. ในบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถแสดงความรู้สึกได้ (S09 หลังเรียน) 3. นักวิทยาศาสตร์แสดงความคิดเห็นจะทำให้สังคมเข้าใจความจริงคลาดเคลื่อน (SS12 หลังเรียน)	29.42	23.53	75.00	4.42



ภาพที่ 4.9 แสดงร้อยละของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) กับการเรียนแบบปกติ (กลุ่มควบคุม) ประเด็นนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ เรื่อง พันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ซึ่งได้ข้อค้นพบจากการวิจัย นำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย
2. อภิปรายผลการวิจัย
3. ข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียน โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์กับการเรียนแบบปกติ

1.2 วิธีดำเนินการวิจัย

1.2.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี

1.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จากโรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จำนวน 68 คน จำนวน 2 ห้องเรียน ประกอบด้วยนักเรียนชาย 26 คน นักเรียนหญิง 42 คน มีอายุระหว่าง 14-15 ปี ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster sampling)

1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม

1.3.2 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบสอบถามปลายเปิด ที่ครอบคลุมแนววคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 9 ประเด็น จำนวน 18 ข้อ มีค่าความเที่ยง (Reliability) เท่ากับ 0.904

1.3.3 อนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียน

1.3.4 แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาตร์กับการเรียนแบบปกติ นำคำตอบจากแบบวัดไปวิเคราะห์เพื่อจัดกลุ่มคำตอบ ที่นักเรียนตอบแล้วสื่อความหมายเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน พร้อมทั้งระบุความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ตอบในแต่ละกลุ่ม ผู้วิจัยแบ่งความเข้าใจออกเป็น 3 กลุ่ม และกำหนดคะแนนในแต่ละกลุ่ม ประกอบด้วย เข้าใจถูกต้องชัดเจน (3 คะแนน) เข้าใจบางส่วน (2 คะแนน) และไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (1 คะแนน) นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test)

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูล คือ

1.4.1 ความถี่

1.4.2 ค่าร้อยละ

1.4.3 ค่าเฉลี่ย

1.4.4 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.4.5 การทดสอบค่าที

1.5 ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1.5.1 การเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และก่อนการเรียนแบบปกติ พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ก่อนการจัดจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 50 มีความเข้าใจในระดับเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ ได้แก่ (1) นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม (ร้อยละ 75.00) (2) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ (ร้อยละ 51.47) และมีความเข้าใจบางส่วน ได้แก่ (1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ (ร้อยละ 61.76)

2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 51.47) ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบปกตินักเรียนส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 50 มีความเข้าใจในระดับเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่เข้าใจ ได้แก่ (1) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ (ร้อยละ 72.06) นักเรียนมีความเข้าใจบางส่วน ได้แก่ (1) โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ (ร้อยละ 50.98)

1.5.2 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 หลังการจัดจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น จากระดับเข้าใจคลาดเคลื่อน และระดับเข้าใจบางส่วนเป็นระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจนมากกว่าร้อยละ 60 ในทุกประเด็น ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความเข้าใจมากที่สุดได้แก่ (1) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย (ร้อยละ 97.05) (2) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 95.59) (3) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (ร้อยละ 94.12) และ (4) วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ (ร้อยละ 94.12)

1.5.3 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีค่าสูงกว่าการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 พบว่า นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 9 ประเด็น จากระดับเข้าใจคลาดเคลื่อน และระดับเข้าใจบางส่วนเป็นระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจน โดยนักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจนมากกว่าร้อยละ 60 ในทุกประเด็น ส่วนหลังการจัดจัดการเรียนรู้แบบปกตินักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากระดับเข้าใจคลาดเคลื่อนและระดับเข้าใจบางส่วนเป็นระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนในบางประเด็น โดยประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องชัดเจนมากกว่าร้อยละ 60 ได้แก่ (1) วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย (ร้อยละ 67.65) (2) วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน (ร้อยละ 67.65) และ (3) วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม (ร้อยละ 60.29)

2. อภิปรายผล

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน เรื่อง พันธุกรรม ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่ามีประเด็นที่น่าสนใจ สามารถนำมาอภิปราย ดังนี้

2.1 ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับไม่เข้าใจหรือเข้าใจคลาดเคลื่อน หลังการจัด

กิจกรรม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น โดยประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม เป็นผลมาจากลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติผ่านบทบาทสมมติ ซึ่งนักเรียนได้ทำการค้นคว้าข้อมูลและแสดงบทบาทสมมติเป็นนักวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนเข้าใจการมีส่วนร่วมของนักวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมทางสังคมเพิ่มขึ้น

2.2 ลักษณะกิจกรรมบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ คือการบ่งชี้ผ่านประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความเข้าใจลักษณะการทำงานและการค้นพบความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ได้เห็นว่าความรู้วิทยาศาสตร์สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงไปได้เมื่อมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งสอดคล้องกับ Abd-El-Khalick and Lederman ได้กล่าวว่า การสอนโดยใช้เนื้อหาที่เกี่ยวกับประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้สอนร่วมกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะประเด็นการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับการเรียนแบบปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบถูกต้องชัดเจนมากกว่า นักเรียนที่เรียนแบบปกติทุกประเด็น ดังนี้

ด้านที่ 1 ด้านโลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน อาจเนื่องมาจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่เคยเรียนมาเป็นความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยาย โดยไม่แสดงให้เห็นถึงการศึกษารูปแบบของปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างชัดเจน หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น ร้อยละ 78.43 เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยชี้ให้นักเรียนเห็นถึงการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่พยายามศึกษารูปแบบของปรากฏการณ์ธรรมชาติผ่านกิจกรรมการค้นพบกฎการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเมนเดล ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจว่า การศึกษาทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ และปรากฏการณ์ธรรมชาติมีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายได้

N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนมีความสับสนระหว่างความหมายของกฎและทฤษฎี หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการบ่งชี้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยชี้ให้นักเรียนเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์เรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยผู้วิจัยชี้ให้นักเรียนเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์และบ่งชี้ผ่านการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจว่า เมื่อมีความรู้ใหม่คัดค้านกับความรู้เดิม โดยความรู้ใหม่นั้นสามารถอธิบายได้ ครอบคลุมมากกว่า ในทางวิทยาศาสตร์แล้วจะมีการตรวจสอบและการพัฒนาทฤษฎีอยู่เสมอ บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทฤษฎีเก่าเป็นทฤษฎีใหม่ หรือการพัฒนาทฤษฎีใหม่โดยใช้พื้นฐานจากทฤษฎีเก่า

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาเน้นการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดการลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนจึงไม่ได้ให้ความสำคัญกับหลักฐานเชิงประจักษ์ในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เท่ากับความรู้ในหนังสือเรียน หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการบ่งชี้ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านประวัติทางวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนระบุหลักฐานการจากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการบ่งชี้ผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้โดยการสำรวจลักษณะทางพันธุกรรม โดยนักเรียนมีการสำรวจตรวจสอบรวบรวมข้อมูลหลักฐานมานำเสนอเพื่อให้ผลการศึกษาของนักเรียนมีความน่าเชื่อถือ ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือเนื่องจากมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ได้จากการตรวจสอบที่น่าเชื่อถือเป็นที่ยอมรับจากบุคคลอื่น

N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาไม่ได้เน้นให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หากเป็นกิจกรรมการทดลอง ครูจะเตรียมใบงานการทดลองซึ่งระบุวัตถุประสงค์ วิธีการดลอง พร้อมทั้งตารางบันทึกผลและสรุปผล โดยไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์เพื่อออกแบบการทดลองเพื่อนำไปสู่การตอบโจทย์คำถามจากการทดลอง หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีให้

นักเรียนได้ออกแบบการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งออกแบบแนวทางการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอ ผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ และกิจกรรปฏิบัติ รวมทั้งบ่งชี้ผ่านประวัติการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เรื่องการค้นพบสารพันธุกรรม ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจประเด็นความสำคัญของการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มาผสมผสานกับความรู้ที่มาจากหลักการและเหตุผล ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เกิดจากการที่นักวิทยาศาสตร์ไปหยิบความรู้ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ แต่เกิดจากการสร้างความรู้ที่เกิดขึ้นจากตัวนักวิทยาศาสตร์เอง โดยอาศัยเหตุผลและจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์

N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจถูกต้องชัดเจน แต่มีบางส่วนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (ร้อยละ 26.47) สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาไม่ได้เน้นให้นักเรียนได้ทำนายแนวโน้มของปรากฏการณ์ธรรมชาติจากผลการศึกษาค้นคว้าและเก็บรวมรวมข้อมูล หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีให้นักเรียนได้ออกแบบการศึกษาค้นคว้า และนำความรู้ที่ได้จากการศึกษารูปแบบการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมาใช้ในการทำนายลักษณะทางพันธุกรรมที่จะปรากฏในรุ่นลูก รวมทั้งโอกาสที่จะเกิดโรคที่ถ่ายทอดผ่านทางพันธุกรรม รวมทั้งผู้วิจัยได้บ่งชี้ประเด็นวิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนายผ่านการใช้คำถาม ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนได้ทำนายแนวโน้มของผลที่จะเกิดขึ้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์มีการทำนาย ลักษณะการทำนายทางวิทยาศาสตร์จะทำนายโดยอาศัยข้อมูลหลักฐานหรือจากเครื่องมือต่าง ๆ ประกอบเหตุผลในการอธิบาย

N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาเมื่อให้นักเรียนทำการทดลองมักจะให้นักเรียนทำการทดลองซ้ำประมาณ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง โดยไม่ได้อธิบายว่าเพราะเหตุใดจึงต้องทำเช่นนั้น ทำให้นักเรียนเข้าใจว่าทำการทดลองซ้ำเพื่อให้เกิดความชำนาญ หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยบ่งชี้ผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ ประวัติทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับการใช้คำถาม เพื่อชี้ให้เห็นว่า นักวิทยาศาสตร์มีอคติ ที่เกิดจากความเชื่อ ประสบการณ์เดิม เชื้อชาติเพศอายุที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์จะมีความน่าเชื่อถือจะต้องมีการทดลองซ้ำและศึกษาหลาย ๆ กลุ่มตัวอย่างเพื่อให้ความรู้ที่ได้มีความน่าเชื่อถือถือเป็นการหลีกเลี่ยงอคติของนักวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์

N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจบางส่วน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาไม่ได้เน้นให้นักเรียนเห็นถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์กับสังคม หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติที่ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนศึกษาผลกระทบของวิทยาศาสตร์ต่อสังคม และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับอิทธิพลจากสังคม รวมทั้งให้นักเรียนได้นำเสนอผลการศึกษาและรับฟังข้อวิพากษ์วิจารย์ของเพื่อ และกิจกรรมโต้วาทีเรื่อง พืช GMOs ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจว่าการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับสังคม วัฒนธรรม การเมืองและศาสนา โดยอาจได้รับการสนับสนุนหรือถูกขัดขวางจากปัจจัยต่าง ๆ ทางสังคมเหล่านั้น

N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูที่ผ่านมาเน้นเนื้อหาความรู้มากกว่าการสอนเรื่องจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์ หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติที่ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนเห็นถึงผลกระทบของการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีจรรยาบรรณ

N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน สาเหตุที่นักเรียนเข้าใจเช่นนี้ อาจเนื่องมาจากความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน หลังการจัดกิจกรรมนักเรียนมีความเข้าใจในระดับเข้าใจถูกต้องชัดเจนเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติที่ผู้วิจัยบ่งชี้ผ่านกิจกรรมปฏิบัติและการใช้คำถาม โดยยกตัวอย่างสถานการณ์และชี้ให้เห็นถึงว่านักวิทยาศาสตร์มีบทบาททั้งเป็นผู้เชี่ยวชาญและพลเมือง โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ขึ้นในสังคม นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเอาความรู้ความเข้าใจและทักษะในการวิเคราะห์มาใช้เป็นข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ หรือช่วยเหลือสังคมให้เข้าใจเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถระบุหรือชี้ชัดว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เนื่องจากว่าเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในการตัดสินใจ สำหรับอีกบทบาทหนึ่งของนักวิทยาศาสตร์คือ การเป็นพลเมืองของสังคม ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ก็เหมือนคนทั่วไป ที่บางครั้งอาจมีอคติ มีความรู้สึกต่าง ๆ

นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สูงกว่าการเรียนแบบปกติ ส่วนสำคัญเป็นผลมาจาก

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมในห้องเรียน สามารถพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทุกประเด็น ช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายให้เหตุผล พร้อมยกตัวอย่างสนับสนุนความเข้าใจของตนเองได้ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธุกรรม และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองทั้ง 5 ขั้น ร่วมกับการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีการบูรณาการเนื้อหาบทเรียนเรื่องพันธุกรรมและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกัน มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกัน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของตนองผ่านการตอบคำถาม การอภิปราย และการแสดงความคิดเห็น กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนศึกษา ทำความเข้าใจรวมทั้งการอภิปรายเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ อย่างเชื่อมโยงและต่อเนื่องกัน มีการอภิปรายและเชื่อมโยงระหว่างการเปลี่ยนแปลงความรู้ของนักเรียนกับการเปลี่ยนแปลงความรู้ของนักวิทยาศาสตร์เมื่อผ่านกระบวนการเรียนรู้ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ประเด็นต่าง ๆ ที่แผงอยู่ในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างชัดเจนและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจมาศ ศรีอุดร (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์และการลำเลียงของสารผ่านเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้(5Es) และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียนเรื่องเซลล์และการลำเลียงสารผ่านเซลล์ ตามรูปแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้(5Es) และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนสว่างวิทยาคม จังหวัดเลย จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้(5Es) และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งหมด 9 ประเด็น ในภาพรวมประเด็นที่นักเรียนมีการแสดงออกถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากที่สุด คือ NOS1 วิทยาศาสตร์หาคำตอบจากประสบการณ์และหลักฐานเชิงประจักษ์ NOS2 ผลจากความรู้ของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยจินตนาการขอคนส่วนมากและเจตคติที่มีร่วมกัน ตามลำดับ และประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมีการแสดงออกถึงความเข้าใจน้อยที่สุด คือ NOS9 วิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่ใช่คำตอบของทุกคำถาม

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

3.1.1 ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะมีการแสดงออกถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์น้อย ครูผู้สอนจึงควรกระตุ้นผู้เรียนโดยใช้คำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.1.2 ในการให้ผู้เรียนทำอนุทินการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรกำหนดหัวข้อที่ชัดเจนว่าต้องการให้ ผู้เรียนสะท้อนความรู้สึกและความเข้าใจในเรื่องใด เพราะบางอนุทินผู้เรียนไม่ได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามที่ผู้สอนต้องการจะวัด

3.2 ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการพัฒนากิจกรรมบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาความเข้าใจธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการเพิ่มขึ้นของความเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์น้อย ได้แก่ วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย

3.2.2 ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นฐานความรู้เดิมต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3.2.3 ควรศึกษาผลของความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้และบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านเนื้อหาอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับเรื่อง พันธุกรรมหรือในเนื้อหาที่ต่างออกไป

3.2.4 ควรเปลี่ยนประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาจาก 9 ประเด็นเป็นประเด็นอื่น

3.2.5 ควรศึกษาเจตคติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มเติมนอกเหนือจากศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กาญจนา มหาลี และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2553). ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 16(5), 795-809.

ขวัญฤทัย เที่ยงจันทราทิพย์. (2553). *การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. 2553. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับประถมศึกษา รหัสวิชา 01159222. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อัดสำเนา).

ทัศนี พุฒนอก. (2556). *การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร-มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประมวล ศิริผันแก้ว. 2555. *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* หน่วยที่ 8-15. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ภารวี ยุทธเกษมสันต์. (2557). *ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง อาหารและสารอาหารโดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมและบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *CONSTRUCTIVISM*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย-เกษตรศาสตร์.

ศักราช ชาติชำนาญ. (2556). *การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับโปรแกรม Yenka Science*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล. (2545). *การศึกษาลักษณะความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2559). สรุปผลการวิจัย PISA 2015. (ออนไลน์).

สรารัตน์ สุขผ่องใส, เอกภูมิ จันทรขันตี และ ธีระศักดิ์ วีระภาสพงษ์. (2557). การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบชัดแจ้งร่วมกับการสะท้อนความคิด เรื่องความร้อนและทฤษฎีจลน์ของแก๊ส. *เอกสารการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 53 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.). (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สิรินภา กิจเกื้อกูล, นฤมล ยุตาคม, และ อรุณี อิงคากุล. (2548). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 26(2), 133-145.

สุทธิดา จำรัส และ นฤมล ยุตาคม. (2551). ความเข้าใจและการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการเรียน เรื่องโครงสร้างอะตอมของครูผู้สอนวิชาเคมี. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 29(3), 228-239.

สุทธิดา จำรัส, นฤมล ยุตาคม และพรทิพย์ ไชยโส. (2552). ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิจัย มข., 14(4), 360-374.

สุธาวัลย์ มีศรี และคณะ. (2550). ผลของโปรแกรมฝึกอบรมครูวิทยาศาสตร์เพื่อเสริมสร้างความรู้ด้านการสอนเรื่อง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. *วิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 2(1), 101-110.

สุภารัตน์ น้อยนาง. (2554). *ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในการเรียนเรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง โดยใช้การสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคมและการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญา-ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สุวัจนา ศรีวิเนตร. (2543). *การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูสอนวิทยาศาสตร์และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานการประถมศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

เสาวลักษณ์ โรมา. (2551). *การพัฒนาหลักสูตรธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. (ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press.

Bell, R.L. (2008). *Teaching the Nature of Science through Process Skills Activities for Grades 3-8*. New York: Pearson Education.

Bonnstetter, R.J. (1998*). Inquiry: Learning from past with eye on the future*. Science Education (Online). Retrieved from https://wolfweb.unr.edu/homepage/jcannon/ejse/bonnstetter.html.

Bybee, R. W., J.C. Powell, and J.D. Ellis. (1991). Intergrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum. *Science Education*, 75(1), 143-155.

Crowther, D.T., N.G. Lederman, and J.S. Lederman. (2005). Understanding the True Meaning of Nature of Science. *Science and Children*, 43(2), 50-52.

Esler W.K. and M.K. Esler. (1993). *Teaching Elementary Science*. 6th ed. California: Wadsworth.

Khishfe, R and F. Abd-El-Khalick. (2002). Influence on Explicit and Reflective Versus Implicit Inquiry-oriented Instruction on Sixth Graders'Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.

Khishfe, R. (2008). The Development of Seventh Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.

Lederman, N.G. (1992). Students' and Teachers, Conceptions of the Nautre of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

_____. (2006). Research on Nature of Science: Reflections on the Past, Anticipations of the Future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1) 1-11.

_____. (2007). *Nature of Science: Past, Present, and Future "In Abell, S.K. and Lederman, N.G. (ed)" Handbook of Research on Science Education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

McComas, W.F., Clough M. P and Almazroa, H. (2000). “The Role and Character of the Nature of Science in Science Education In McComas, W.F. (ed)” *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers., 41-52.

National Research Council [NRC]. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

_____. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

National Science Teacher Association [NSTA]. (2003). *Standards for Science Teacher Preparation (Online)*. Retrieved from http://www.nsta.org/pdfs/NSTAstandards 2003.

Rezba, R.J., Auldridge, T., & Rhea, L. (1999). Teaching & learning the basic science skills. (Online). Retrieved from http://www.worldcat.org/title/teaching-learning-the-basic-scienceskills/oclc/49300200.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. นางวนิดา วัฒนธรรม
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
2. นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
3. นางสาวกมลรัตน์ ฉิมพาลี
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนถนนหักพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์

ผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. นางวนิดา วัฒนธรรม
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
2. นายเอกสิทธิ์ ปิยะแสงทอง
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี จังหวัดปทุมธานี
3. นางสาวกมลรัตน์ ฉิมพาลี
   ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการ โรงเรียนถนนหักพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์

ภาคผนวก ข

ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้หาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาแบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			คะแนนรวม	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	+1	+1	+1	3	1.00
2	+1	+1	+1	3	1.00
3	+1	+1	+1	3	1.00
4	+1	+1	+1	3	1.00
5	+1	+1	+1	3	1.00
6	+1	+1	+1	3	1.00
7	+1	+1	+1	3	1.00
8	+1	+1	+1	3	1.00
9	+1	+1	+1	2	1.00
10	+1	+1	+1	3	1.00
11	+1	+1	+1	3	1.00
12	+1	+1	+1	3	1.00
13	+1	+1	+1	3	1.00
14	+1	+1	+1	3	1.00
15	+1	+1	+1	3	1.00
16	+1	+1	+1	3	1.00
17	+1	+1	+1	3	1.00
18	+1	+1	+1	3	1.00

จากตารางภาคผนวกที่ 1 พบว่า แบบสำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้ง 18 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.80 - 1.00

2. ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ผลดังตารางภาคผนวกที่ 2

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการจำแนกเป็นรายข้อ

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.68	0.40
2	0.67	0.40
3	0.72	0.40
4	0.71	0.55
5	0.73	0.35
6	0.72	0.50
7	0.58	0.50
8	0.68	0.45
9	0.67	0.50
10	0.74	0.45
11	0.73	0.40
12	0.69	0.55
13	0.68	0.45
14	0.70	0.50
15	0.73	0.60
16	0.67	0.40
17	0.72	0.50
18	0.74	0.75

จากตารางภาคผนวกที่ 2 พบว่า มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.58-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.35-0.75 และมีค่าความเที่ยง (Reliability) โดยใช้การคำนวณสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ได้ค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.904

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบแบบปกติ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1
รหัสวิชา ว23101 ชื่อรายวิชา วิทยาศาสตร์ 5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ชื่อหน่วยการเรียนรู้ พันธุกรรม
แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม เวลา 3 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของสารพันธุกรรม และความสัมพันธ์ของโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน ได้
2. บอกจำนวนและลักษณะของโครโมโซมมนุษย์และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้

แนวความคิดหลัก

สารพันธุกรรม เป็นหน่วยย่อย ๆ ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต สารพันธุกรรมเป็นสารชีวโมเลกุลที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรหัสสำหรับการทำงานของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เอาไว้ สารพันธุกรรมอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ โครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยดีเอ็นเอ และโปรตีน ภายในดี เอ็นเอประกอบด้วยยีน ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์จะมีการแบ่งเซลล์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยที่ยังมีข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ครบถ้วน เมื่อมีการปฏิสนธิก็ จะมีการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูก

มนุษย์มีโครโมโซมจำนวน 46 โครโมโซม สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน โครโมโซมแต่ละโครโมโซมมียีนจำนวนมาก ยีนแต่ละยีนมีข้อมูลทางพันธุกรรมที่กำหนดว่าเราจะเจริญเติบโตเป็นอย่างไร หรือมีลักษณะเป็นอย่างไร โครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งสองแท่ง แต่ละแท่งเรียกว่าโครมาทิด เชื่อมติดกันบริเวณที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์ ถ้าเราคลายโครโมโซมที่พันเกลียวออกจะเห็นโครโมโซมเหมือนเส้นด้าย เรียกว่าโครมาทิน ซึ่งประกอบไปด้วยสายดีเอ็นเอซึ่งเป็นสารพันธุกรรมประกอบด้วยยีนจำนวนมากเป็นพันยีน ดังนั้น ยีนหนึ่งจึงเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นอ ดีเอ็นเอสายยาวประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ฟมู่ฟอสเฟต และเบส 4 ชนิด ได้แก่ A(adenine) T(thymine) G(guanine) และ C(cytosine) โมเลกุลของดีเอ็นเอมีลักษณะ เหมือนบันไดเวียนที่ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได มีเบสทั้ง 4 จับคู่กันเป็นขั้นบันได โดย A คู่กับ T และ G คู่กับ C

มนุษย์มีโครโมโซมจำนวน 46 โครโมโซม หรือ 23 คู่ จึงจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซม 2 ชุด หรือ 2n โครโมโซมจำนวน 22 คู่เรียกว่า ออโตโซม ซึ่งมีเหมือนกันทั้งในเพศชายและหญิง แต่สำหรับคู่ที่ 23 เรียกว่าโครโมโซมเพศ เป็นโครโมโซมที่ระบุเพศ โดยโครโมโซมคู่ที่ 23 นี้จะมีโครโมโซมหนึ่งยาเรียกโครโมโซม X และอีกโครโมโซมหนึ่งสั้นกว่า เรียกว่าโครโมโซม Y มนุษย์เพศชายจะมีโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็น XY ส่วนมนุษย์เพศหญิงจะมีโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็นXX

ทักษะ/กระบวนการ

1. สังเกต
2. ทดลอง
3. สำรวจตรวจสอบ
4. รวบรวมข้อมูล
5. นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ
6. ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

การจัดกระบวนการเรียนรู้ (ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน 5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (engagement) (20นาที)

1.1 นักเรียนทราบหรือไม่ว่าสิ่งที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต คืออะไร ครูนำภาพโครโมโซมและดีเอ็นเอมาให้นักเรียนดู แล้วถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม ของนักเรียน

- นักเรียนรู้จักสิ่งที่อยู่ในภาพหรือไม่ว่าคืออะไร
  (แนวคำตอบ: โครโมโซม และดีเอ็นเอ)

- ครูนำภาพเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (เซลล์พืชและเซลล์สัตว์) แล้วถามโครโมโซมและดีเอ็นเอจะ อยู่ที่บริเวณใดของเซลล์ (แนวคำตอบ: ในนิวเคลียสของเซลล์)
- นักเรียนคิดว่าโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตจะมีรูปร่างแบบที่เราเห็นในภาพหรือไม่ ให้นักเรียน ศึกษาได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูโครโมโซมของเซลล์ปลายรากหอม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) (60นาที)

2.1 โครโมโซมและดีเอ็นเอเป็นสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต นักเรียนคิดว่าโครโมโซมและดีเอ็นเอมีส่วนประกอบอย่างไร จากกิจกรรม Chromosome & DNA Model

2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและองค์ประกอบของโครโมโซมและดีเอ็นเอ และครูได้วางสไลด์ถาวรของเซลล์รากหอมที่มองเห็นโครโมโซมไว้ให้นักเรียนได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดสร้าง แบบจำลอง โครโมโซมและดีเอ็นเอจากวัสดุที่ครูเตรียมไว้ให้ ครูให้อิสระในการออกแบบตาม ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยที่แบบจำลองจะต้องสามารถอธิบายได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเขียนอธิบายแบบจำลองด้วยกระดาษชาร์จที่ครูเตรียมไว้ให้

2.3 ให้นักเรียนจัดวางแสดงผลงาน และคำอธิบายผลงานในบริเวณที่ครูจัดเตรียมไว้ให้

3. ขั้นธิบาย (explanation) (40นาที)

3.1 ครูสุ่มกลุ่มนักเรียน 3 กลุ่ม นำเสนอ แบบจำลองโครโมโซม แบบจำลองดีเอ็นเอ และอภิปรายร่วมกัน โดยครูมีภาพและสื่อ Power Point ประกอบเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น

- ในเซลล์ปกติโครโมโซมมีรูปร่างเป็นอย่างไร
(แนวคำตอบ: ในภาวะปกติจะมองไม่เห็นโครโมโซม เพราะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ สานกันคล้ายเส้นด้ายอยู่ในนิวเคลียส เรียกว่า โครมาทิน)
- เมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะแบ่งเซลล์โครโมโซมมีรูปร่างเป็นอย่างไร
(แนวคำตอบ: มีการจำลองเส้นใยโครมาทินขึ้นมาเป็นเส้นคู่ที่เหมือนกัน และมีการขดตัวพันกันจนมองเห็นเป็น 2 แท่งติดกันตรงจุดที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์)
- โครโมโซมของมนุษย์มีจำนวนกี่คู่ และแต่ละคู่มีขนาดและรูปร่างเหมือนกันหรือไม่
(แนวคำตอบ: มี 23 คู่ แต่ละคู่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน)

- ในจำนวนโครโมโซมทั้งหมดของมนุษย์แบ่งออกเป็นโครโมโซมร่างกายและโครโมโซมเพศจำนวนเท่าใดบ้าง
  (แนวคำตอบ: โครโมโซมร่างกาย 22 คู่ คือคู่ที่ 1-22 และโครโมโซมเพศ คู่ที่ 23)
- โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร
  (ยีนมีตำแหน่งอยู่บนดีเอ็นเอซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครโมโซม และโครโมโซมเป็นตัวกลางในการนำยีนจากพ่อแม่ไปยังลูกเมื่อมีการสร้างและรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์)

4. ขั้นขยายความคิด (elaboration) (30นาที)

4.1 จากที่เราได้ศึกษาโครงสร้างของโครโมโซมและดีเอ็นเอ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีนแล้วนั้น นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่า นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าโครโมโซมมีสารพันธุกรรมอยู่จริง ครูให้นักเรียนดูวีดีทัศน์ เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม ซึ่งเป็นประวัติการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรม

4.2 หลังจากจบวีดีทัศน์ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุว่าสิ่งใดเป็นหลักฐานของข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนลงในใบกิจกรรม เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

4.3

5. ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) (15นาที)

5.1 ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ โดยการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

5.2 ครูให้นักเรียนเดินดูผลงานแบบจำลองโครโมโซมและดีเอ็นเอของกลุ่มเพื่อนและกลุ่มตนเอง และประเมิน พร้อมทั้งเขียนข้อเสนอแนะลงในแบบประเมิน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบกิจกรรม เรื่อง Chromosome&DNA Model
2. อุปกรณ์สำหรับสร้างโมเดลโครโมโซม
3. ใบความรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม
4. ใบกิจกรรม เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม
5. โปรแกรมนำเสนอ Power Point เรื่อง สารพันธุกรรม
6. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน
7. รูปภาพและสื่อวีดีทัศน์
8. กระดาษชาร์จและอุปกรณ์การเขียน

การวัดผลประเมินผล

การวัดผล ประเมินผล	**วิธีการวัด**	**เครื่องมือวัด**	**เกณฑ์การผ่าน**
1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	1. การตอบคำถามและเขียนเหตุผลอธิบาย 2.การตอบคำถามในกิจกรรมการเรียนการสอน	1. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน 2. ตรวจใบกิจกรรม	1. ทำได้ถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการร่วมกิจกรรม	บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู	ระดับดีขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู	ระดับดีขึ้นไป

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
และการบ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

\

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1
รหัสวิชา ว23101 ชื่อรายวิชา วิทยาศาสตร์ 5
หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ชื่อหน่วยการเรียนรู้ พันธุกรรม
แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม เวลา 3 ชั่วโมง

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกส่วนประกอบและหน้าที่ของสารพันธุกรรม และความสัมพันธ์ของโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีนได้
2. บอกจำนวนและลักษณะของโครโมโซมมนุษย์และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นได้
3. ระบุหลักฐานที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเพื่อยืนยันข้อสรุปของการศึกษาค้นคว้า
4. ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างแบบจำลองโครโมโซมโดยอยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. อธิบายได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่อธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า
6. อธิบายสาเหตุของการเกิดอคติของนักวิทยาศาสตร์และบอกวิธีหลีกเลี่ยงอคติได้
7. บอกความสำคัญของการเผยแพร่ข้อมูลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์แก่สังคม

แนวความคิดหลัก

สารพันธุกรรม เป็นหน่วยย่อย ๆ ที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต สารพันธุกรรมเป็นสารชีวโมเลกุลที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรหัสสำหรับการทำงานของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เอาไว้ สารพันธุกรรมอยู่ในนิวเคลียสของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ โครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยดีเอ็นเอ และโปรตีน ภายในดี เอ็นเอประกอบด้วยยีน ซึ่งเป็นรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตมีการสืบพันธุ์จะมีการแบ่งเซลล์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยที่ยังมีข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ครบถ้วน เมื่อมีการปฏิสนธิก็ จะมีการถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูก

มนุษย์มีโครโมโซมจำนวน 46 โครโมโซม สิ่งมีชีวิตชนิดอื่นแต่ละชนิดมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน โครโมโซมแต่ละโครโมโซมมียีนจำนวนมาก ยีนแต่ละยีนมีข้อมูลทางพันธุกรรมที่กำหนดว่าเราจะเจริญเติบโตเป็นอย่างไร หรือมีลักษณะเป็นอย่างไร โครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่งสองแท่ง แต่ละแท่งเรียกว่าโครมาทิด เชื่อมติดกันบริเวณที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์ ถ้าเราคลายโครโมโซมที่พันเกลียวออกจะเห็นโครโมโซมเหมือนเส้นด้าย เรียกว่าโครมาทิน ซึ่งประกอบไปด้วยสายดีเอ็นเอซึ่งเป็นสารพันธุกรรมประกอบด้วยยีนจำนวนมากเป็นพันยีน ดังนั้น ยีนหนึ่งจึงเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นอ ดีเอ็นเอสายยาวประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ฟมู่ฟอสเฟต และเบส 4 ชนิด ได้แก่ A(adenine) T(thymine) G(guanine) และ C(cytosine) โมเลกุลของดีเอ็นเอมีลักษณะ เหมือนบันไดเวียนที่ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบสและหมู่ฟอสเฟตเป็นราวบันได มีเบสทั้ง 4 จับคู่กันเป็นขั้นบันได โดย A คู่กับ T และ G คู่กับ C

มนุษย์มีโครโมโซมจำนวน 46 โครโมโซม หรือ 23 คู่ จึงจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครโมโซม 2 ชุด หรือ 2n โครโมโซมจำนวน 22 คู่เรียกว่า ออโตโซม ซึ่งมีเหมือนกันทั้งในเพศชายและหญิง แต่สำหรับคู่ที่ 23 เรียกว่าโครโมโซมเพศ เป็นโครโมโซมที่ระบุเพศ โดยโครโมโซมคู่ที่ 23 นี้จะมีโครโมโซมหนึ่งยาเรียกโครโมโซม X และอีกโครโมโซมหนึ่งสั้นกว่า เรียกว่าโครโมโซม Y มนุษย์เพศชายจะมีโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็น XY ส่วนมนุษย์เพศหญิงจะมีโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็นXX

แนวความคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้
2. N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน
3. N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ
4. N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ
5. N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

ทักษะ/กระบวนการ

1. สังเกต
2. ทดลอง
3. สำรวจตรวจสอบ
4. รวบรวมข้อมูล
5. นำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบ
6. ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

การจัดกระบวนการเรียนรู้ (ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอน 5E)

1. ขั้นสร้างความสนใจและตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน (engagement) (20นาที)

1.1 นักเรียนทราบหรือไม่ว่าสิ่งที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต คืออะไร ครูนำภาพโครโมโซมและดีเอ็นเอมาให้นักเรียนดู แล้วถามคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิม

- นักเรียนรู้จักสิ่งที่อยู่ในภาพหรือไม่ว่าคืออะไร
  (แนวคำตอบ: โครโมโซม และดีเอ็นเอ)
- ครูนำภาพเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (เซลล์พืชและเซลล์สัตว์) แล้วถามโครโมโซมและดีเอ็นเอจะอยู่ที่บริเวณใดของเซลล์ (แนวคำตอบ: ในนิวเคลียสของเซลล์)
- นักเรียนคิดว่าโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตจะมีรูปร่างแบบที่เราเห็นในภาพหรือไม่ ให้นักเรียน ศึกษาได้จากการส่องกล้องจุลทรรศน์ เพื่อดูโครโมโซมของเซลล์ปลายราก หอม

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) (60นาที)

2.1 โครโมโซมและดีเอ็นเอเป็นสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต นักเรียนคิดว่าโครโมโซมและดีเอ็นเอมีส่วนประกอบอย่างไร จากกิจกรรม Chromosome & DNA Model

2.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปร่างและองค์ประกอบของโครโมโซมและดีเอ็นเอ และครูได้วางสไลด์ถาวรของเซลล์รากหอมที่มองเห็นโครโมโซมไว้ให้นักเรียนได้ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิดสร้างแบบจำลอง โครโมโซมและดีเอ็นเอจากวัสดุที่ครูเตรียมไว้ให้ ครูให้อิสระในการออกแบบตามความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน โดยที่แบบจำลองจะต้องสามารถอธิบายได้ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเขียนอธิบายแบบจำลองด้วยกระดาษชาร์จที่ครูเตรียมไว้ให้

2.2.1 ครูถามคำถาม

- นักเรียนคิดว่าจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์จำเป็นในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่
  (แนวคิดตอบ: จำเป็น)
- นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในขั้นตอนใดบ้างในการทำงาน
  (แนวคำตอบ: ใช้ได้กับทุกขั้นตอนของการทำงาน)

2.2.2 หลังจากนักเรียนสร้างแบบจำลองโครโมโซมและดีเอ็นเอแล้ว ให้นักเรียนจัดวางแสดงผลงาน และคำอธิบายผลงานในบริเวณที่ครูจัดเตรียมไว้ให้

3. ขั้นอธิบาย (explanation) (40นาที)

3.1 ครูสุ่มกลุ่มนักเรียน 3 กลุ่ม นำเสนอ แบบจำลองโครโมโซม แบบจำลองดีเอ็นเอ และอภิปรายร่วมกัน โดยครูมีภาพและสื่อ Power Point ประกอบเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น

- ในเซลล์ปกติโครโมโซมมีรูปร่างเป็นอย่างไร
  (แนวคำตอบ: ในภาวะปกติจะมองไม่เห็นโครโมโซม เพราะเป็นเส้นใยเล็ก ๆ สานกันคล้ายเส้นด้ายอยู่ในนิวเคลียส เรียกว่า โครมาทิน)
- เมื่อเซลล์เข้าสู่ระยะแบ่งเซลล์โครโมโซมมีรูปร่างเป็นอย่างไร
  (แนวคำตอบ: มีการจำลองเส้นใยโครมาทินขึ้นมาเป็นเส้นคู่ที่เหมือนกัน และมีการขดตัวพันกันจนมองเห็นเป็น 2 แท่งติดกันตรงจุดที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์)
- โครโมโซมของมนุษย์มีจำนวนกี่คู่ และแต่ละคู่มีขนาดและรูปร่างเหมือนกันหรือไม่
  (แนวคำตอบ: มี 23 คู่ แต่ละคู่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน)
- ในจำนวนโครโมโซมทั้งหมดของมนุษย์แบ่งออกเป็นโครโมโซมร่างกายและโครโมโซมเพศจำนวนเท่าใดบ้าง
  (แนวคำตอบ: โครโมโซมร่างกาย 22 คู่ คือคู่ที่ 1-22 และโครโมโซมเพศ คือคู่ที่ 23)
- องค์ประกอบของโครโมโซมมีอะไรบ้าง
  (แนวคำตอบ: ประกอบด้วยDNA สายยาวสายเดียวที่พันรอบโปรตีนที่ชื่อ ฮีสโทน เอาไว้ทำให้รูปร่างโครมาทินคล้ายลูกปัดที่เรียงต่อๆ กัน แล้วมี DNA พันรอบลูกปัดนั้น)
- องค์ประกอบของดีเอ็นเอมีอะไรบ้าง
  (แนวคำตอบ: ดีเอ็นเอประกอบไปด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส หมู่ฟอสเฟต และเบส 4 ชนิด ได้แก่เบส A T C G ตามลำดับ)
- ยีน อยู่ส่วนใดของโครโมโซม และทำหน้าที่อย่างไร
  (แนวคำตอบ: ยีนเป็นส่วนของดีเอ็นเอที่สามารถควบคุมการแสดงออกทางพันธุกรรม)

- โครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีน มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

(ยีนมีตำแหน่งอยู่บนดีเอ็นเอซึ่งเป็นส่วนประกอบของโครโมโซม และโครโมโซมเป็นตัวกลางในการนำยีนจากพ่อแม่ไปยังลูกเมื่อมีการสร้างและรวมกันของเซลล์สืบพันธุ์)

4. ขั้นขยายความคิด (elaboration) (30นาที)

4.1 จากที่เราได้ศึกษาโครงสร้างของโครโมโซมและดีเอ็นเอ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างโครโมโซม ดีเอ็นเอ และยีนแล้วนั้น นักเรียนสงสัยหรือไม่ว่า นักวิทยาศาสตร์ทราบได้อย่างไรว่าโครโมโซมมีสารพันธุกรรมอยู่จริง ครูให้นักเรียนดูวีดีทัศน์ เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม ซึ่งเป็นประวัติการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรม

4.2 หลังจากจบวีดีทัศน์ ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันระบุว่าสิ่งใดเป็นหลักฐานของข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคนลงในใบกิจกรรม เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

4.3 ครูถามคำถาม

- หลักฐานที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบสอดคล้องกับข้อสรุปของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่
(แนวคำตอบ: สอดคล้อง)
(แนวคำตอบ: เปลี่ยนแปลงได้)
- จากประวัติการค้นพบสารพันธุกรรมที่นักเรียนได้ดู เหตุการณ์ใดที่แสดงให้เห็นว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้
(แนวคำตอบ: แต่เดิมนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโปรตีนเป็นสารพันธุกรรม แต่ต่อมากริฟฟิททำการทดลองเพื่อยืนยันว่าดีเอ็นเอเป็นสารพันธุกรรม)
- นักเรียนคิดว่าการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ อาจมีอคติเกิดขึ้นได้หรือไม่ ถ้าเกิดขึ้นได้จะเกิดขึ้นจากอะไร
(แนวคำตอบ: อาจเกิดอคติขึ้นได้ อาจเกิดจากประสบการณ์เดิม ที่แตกต่างกัน)
- ครูยกตัวอย่าง สมมติว่า Oswald T. Avery และคณะมีความเชื่อที่ว่า โปรตีนเป็นสารพันธุกรรม จึงทำการทดลองโดยเลือกที่จะไม่ใช้เอนไซม์ DNase นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไร
(แนวคำตอบ: ก็จะไม่ค้นพบหลักฐานที่ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม)
- ครูอธิบายเพิ่มเติม ในการได้มาซึ่งหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ อาจจะมีอคติเกิดขึ้นในอีกหลาย ๆ ขั้นตอน
- นักเรียนคิดว่าจากประวัติการค้นพบสารพันธุกรรม วิธีการใดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการหลีกเลี่ยงอคติ
(แนวคำตอบ: ทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง มีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาหลายกลุ่ม)

- นักเรียนคิดว่าในการทดลองของนักวิทยาศาสตร์มักจะทำซ้ำหลาย ๆ ครั้ง นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดจึงต้องทำเช่นนั้น
- (แนวคำตอบ: เพื่อทดสอบว่าได้ผลการทดลองเหมือนเดิมเสมอหรือไม่ หรือเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองนั่นเอง)
- นักเรียนคิดว่าในการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ จำเป็นหรือไม่ที่นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ผลงานการค้นคว้าของตนเอง ครูยกตัวอย่างเช่น จากการศึกษาของ F. Griffith จะเห็นได้ว่าเขายังศึกษาไม่พบว่าสารใดเป็นสารพันธุกรรม รู้แต่เพียงว่าต้องมีสารอะไรซักอย่างที่ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมได้ เหตุใดกริฟฟิทจึงเลือกที่จะเผยแพร่ข้อมูลโดยไม่ทดลองด้วยตัวเองคนเดียวให้พบคำตอบ
  (แนวคำตอบ: เพราะนักวิทยาศาสตร์เปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์คนอื่น ๆ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่มีความน่าเชื่อถือ ดังจะเห็นได้ว่า Oswald T. Avery และคณะได้นำผลการทดลองของกริฟฟิทไปศึกษาเพิ่มเติมจนรู้ว่า DNA เป็นสารพันธุกรรม)
- จากการศึกษาโครงสร้างของดีเอ็นเอ นักเรียนคิดว่าการศึกษาโครงสร้างของดีเอ็นเอสามารถมองเห็นเป็นเกลียวแบบที่พบในภาพในตำราเรียนใช่หรือไม่
  (ไม่ใช่ ภาพดีเอ็นเอที่ได้จากการฉายรังสีเอกซ์ เป็นภาพที่ไม่มีความต่อเนื่อง แต่วัตสันและคริกส์ ได้สร้างแบบจำลองขึ้นมาว่าโครงสร้างของดีเอ็นเอบิดเป็นเกลียวมี)
- นักเรียนคิดว่าวัตสัน และคริกส์ ใช้จินตนาการในการสร้างแบบจำลองโมเลกุลดีเอ็นเอเพียงอย่างเดียวหรือไม่
  (ไม่ใช่ ทั้งคู่ใช้จินตนาการประกอบกับหลักฐานและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง)

5. ขั้นสรุปและประเมินผลสิ่งที่เรียนรู้ (evaluation) (15นาที)

5.1 ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ โดยการเขียนอนุทินสะท้อนการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนเดินดูผลงานแบบจำลองโครโมโซมและดีเอ็นเอของกลุ่มเพื่อนและกลุ่มตนเองและประเมิน พร้อมทั้งเขียนข้อเสนอแนะลงในแบบประเมิน

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบกิจกรรม เรื่อง Chromosome&DNA Model
2. อุปกรณ์สำหรับสร้างโมเดลโครโมโซม
3. ใบความรู้ เรื่อง สารพันธุกรรม
4. ใบกิจกรรม เรื่อง การค้นพบสารพันธุกรรม

5. โปรแกรมนำเสนอ Power Point เรื่อง สารพันธุกรรม
6. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน
7. รูปภาพและสื่อวีดีทัศน์
8. กระดาษชาร์จและอุปกรณ์การเขียน

การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผล	**วิธีการวัด**	**เครื่องมือวัด**	**เกณฑ์การผ่าน**
1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	1. การตอบคำถามและเขียนเหตุผลอธิบาย 2. การตอบคำถามในกิจกรรมการเรียนการสอน	1. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน 2. ตรวจใบกิจกรรม	ทำได้ถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
2. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	1. การตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในระหว่างกิจกรรมการเรียนการสอน	1. บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู 2. อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน	ระดับดีขึ้นไป
3. ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการร่วมกิจกรรม	บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู	ระดับดีขึ้นไป
4. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	บันทึกการจัดการเรียนการสอนของครู	ระดับดีขึ้นไป

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท แขนงวิชาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช โดยผลที่ได้จะนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเท่านั้น
2. ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของทุกคนจะถือเป็นความคิดเห็น และจะนำเสนอเป็นภาพรวมไม่มีผลต่อผู้ตอบเป็นรายบุคคลหรือโรงเรียน
3. แบบวัดนี้มีสองส่วน คือส่วนที่หนึ่งเป็นข้อมูลของผู้ตอบแบบวัดและส่วนที่สองเป็นแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำนวน 18 ข้อ
4. โปรดตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์ **ทุกข้อ** เพื่อให้ได้คำตอบที่ครบถ้วนสมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์

เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

ส่วนที่ 2 แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง: โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด และให้เหตุผลประกอบความคิดเห็นนั้น

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็น			เหตุผลประกอบคำตอบ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
1	วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา				
2	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่				
3	นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง				
4	ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนและสามารถเข้าใจได้				
5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ				
6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้				
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า				
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้				

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็น			เหตุผลประกอบคำตอบ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
9	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีบทบาทในสังคม คือ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการคิดวิเคราะห์มาอธิบายให้สังคมเข้าใจในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยที่เขาไม่สามารถแสดงความคิดเห็น หรือความรู้สึกต่าง ๆ ได้				
10	เรามักจดจำและนำ กฎ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้				
11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก				
12	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น				
13	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบ และให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย				
14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม				
15	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์				
16	นักวิทยาศาสตร์จะอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นมาแล้วด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์และไม่มีหน้าที่ในการทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต				

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็น			เหตุผลประกอบคำตอบ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
17	นักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดยที่ความต้องการและความคิดเห็นของคนในสังคมไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์				
18	นักวิทยาศาสตร์ต้องรายงานผลตรงตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเสมอ ถึงผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์				

ภาคผนวก ฉ

เฉลยแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.6 แนวทางการพิจารณาคำตอบเพื่อจัดกลุ่มความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View)		
N1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้		
ข้อคำถาม	ข้อ 1	วิทยาศาสตร์คือความรู้ที่อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ทั้งสิ่งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมบางอย่างก็สามารถอธิบายและหาคำตอบได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์
	เห็นด้วย	สิ่งที่เป็นรูปธรรม ปรากฏการณ์ธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมรอบ ๆ ตัวเรา สามารถอธิบายและหาคำตอบได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	วิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมทุกอย่างได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	วิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมได้เท่านั้น หรือวิทยาศาสตร์อธิบายสิ่งที่เป็นรูปธรรมไม่ได้
ข้อคำถาม	ข้อ 4	ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนและสามารถเข้าใจได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	ปรากฏการณ์ธรรมชาติสามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นที่ใดก็ สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์เดียวกัน
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางปรากฏการณ์ก็มีรูปแบบที่เปลี่ยนไปไม่แน่นอน
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีความไม่แน่นอนอธิบายได้ยาก
ข้อคำถาม	ข้อ 11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสากล สามารถอธิบายได้ทุกที่ในจักรวาล
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ยังมีปรากฏการณ์นอกโลกที่ไม่สามารถอธิบายหรือพิสูจน์ได้แน่ชัด
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	สภาวะนอกโลกต่างจากในโลก ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงอธิบายในเฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก

ตารางที่ 3.6

ด้านที่ 1 โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (The Science World View)		
N2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้		
ข้อคำถาม	ข้อ 7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	การพัฒนาเครื่องมือและเทคนิคที่ดีขึ้น อาจทำให้ค้นพบหลักฐานใหม่หรือข้อมูลใหม่ที่อธิบายได้ดีกว่า ก็จะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางครั้งหลักฐานอาจไม่น่าเชื่อถือ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความจริงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
ข้อคำถาม	ข้อ 10	เรามักจดจำและนำ กฎ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ถ้ามีหลักฐาน หรือข้อมูลใหม่ที่น่าเชื่อถือ และอธิบายได้ดีกว่า ก็จะทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ไม่เคยพบเจอเหตุการณ์ที่กฎเปลี่ยนแปลงได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	กฎเป็นความจริงที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้
ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน		
ข้อคำถาม	ข้อ 2	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	หลักฐานที่มาจากการศึกษาทดลอง การสังเกตทางวิทยาศาสตร์ที่น่าเชื่อถือ นำมาใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
เข้าใจบางส่วน (TV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ใช้หลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ได้ แต่ไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ได้
	ไม่แน่ใจ	
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	การทำนายและการอธิบายปรากฏการณ์ ไม่ใช้หน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.6 ต่อ)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N3 วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน		
ข้อคำถาม	ข้อ 5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	หลักฐานและพยานทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับจากบุคคลอื่น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	พยานอาจไม่จำเป็นวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานเพียงอย่างเดียว
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	บางครั้งก็มีหลักฐานเท็จ
N4 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานระหว่างเหตุผลกับจินตนาการ		
ข้อคำถาม	ข้อ 8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์อาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ ในการแสวงหาความรู้ โดยการผสมผสานระหว่างเหตุผลหลักการกับจินตนาการ เช่นการตั้งสมมติฐาน การสร้างแบบจำลอง
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ต้องใช้จินตนาการเฉพาะบางกรณี
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	จินตนาการทำให้ความรู้บิดเบือนไม่ถูกต้องจากความจริง
ข้อคำถาม	ข้อ 12	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	วิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ได้ในทุกขั้นตอนของการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์จะใช้หรือไม่ใช้ความคิดสร้างสรรค์ก็ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	การออกแบบและการประดิษฐ์ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ ส่วนกระบวนการอื่น ๆ ต้องใช้หลักเหตุผล

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N5 วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและคำทำนาย		
ข้อคำถาม	ข้อ 16	นักวิทยาศาสตร์จะอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นมาแล้วด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์และไม่มีหน้าที่ในการทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์สร้างคำทำนายปรากฏการณ์ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตหลายครั้งจนได้แนวโน้มที่น่าเชื่อถือเพื่อใช้ทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไป
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	หลักการทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้ แต่เมื่อนำมาทำนายผลอาจไม่แม่นยำ/หรือ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์อธิบายได้แต่ทำนายไม่ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	การทำนายไม่ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ		
ข้อคำถาม	ข้อ 3	นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	การทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งไม่ได้ช่วยลดความผิดพลาดในการทดลอง แต่จะช่วยในการยืนยันความถูกต้องของผลการทดลอง หรือช่วยให้แน่ใจในผลการทดลอง ทำให้ผลการทดลองมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ทำการทดลองครั้งเดียวก็ได้ผลที่ถูกต้องได้
	ไม่เห็นด้วย	ทำซ้ำหลายครั้งจะทำให้เกิดความชำนาญ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	ทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้งข้อผิดพลาดจะน้อยลง

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์		
N6 นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะบ่งชี้และหลีกเลี่ยงอคติ		
ข้อคำถาม	ข้อ 15	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	ทำให้นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อในแนวคิดและมีการตีความแตกต่างกัน/ทำให้ความคิดเห็นไม่ตรงกัน/หรือเพราะสิ่งเหล่านี้มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์ไม่ควรแบ่งแยกเพศเชื่อชาติ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ต้องไม่ใช้เชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิมมาเกี่ยวข้องกับการทำงาน
ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N7 วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม		
ข้อคำถาม	ข้อ 13	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	เป็นการเปิดโอกาสให้สังคมและนักวิทยาศาสตร์ วิพากษ์วิจารณ์เพื่อจะได้มาซึ่งการพัฒนาความรู้ที่น่าเชื่อถือ
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ถ้าไม่ตรวจสอบความรู้อาจผิดพลาด
	เห็นด้วย	เป็นการเพิ่มพยานในการรับรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ไม่จำเป็นต้องมีการเผยแพร่ให้ผู้อื่นตรวจสอบถ้านักวิทยาศาสตร์ทดลองอย่างรอบคอบแล้ว
ข้อคำถาม	ข้อ 17	นักวิทยาศาสตร์ทำงานในห้องทดลอง โดยที่ความต้องการของคนในสังคมไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ทำงานเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคม
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์อาจทำตามความต้องการของสังคมหรือไม่ก็ได้
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	สังคมไม่เกี่ยวข้องกับงานของนักวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N8 การวิจัยและศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ		
ข้อคำถาม	ข้อ 14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้า และวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ ยึดหลักคุณธรรม จริยธรรม ต้องบันทึกผลการทดลองด้วยความซื่อสัตย์ รวมทั้งมีใจกว้างยอมรับการตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์คนอื่น
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์บางคนก็ยังมีการทดลองที่ขัดกับศีลธรรม
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำประโยชน์ให้ผู้คนได้มากมากจึงต้องทดลองให้ได้ผลก่อนที่จะคำนึงถึงศีลธรรม
ข้อคำถาม	ข้อ 18	นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องรายงานผลตรงตามข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเสมอ ถึงผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์ยึดหลักจรรยาบรรณที่จะต้องไม่บิดเบือนข้อมูล /หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์อาจเปลี่ยนแปลงได้ หรือไม่ถูกต้อง
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	ผลการทดลองอาจเปลี่ยนแปลงไม่ถูกต้อง
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	ไม่เห็นด้วย	ถ้าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎีถือเป็นข้อมูลที่ผิด ไม่ควรรายงานให้เกิดความสับสน
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม		
ข้อคำถาม	ข้อ 6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์นำเอาความรู้มาเป็นข้อมูลเพื่อช่วยให้สังคมเข้าใจเหตุการณ์ต่าง ๆ แต่ไม่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกหรือผิด เพราะเหตุการณ์ในสังคมนั้นซับซ้อน นักวิทยาศาสตร์ หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นในการตัดสินใจ
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	บางปัญหาก็ไม่ได้ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีความรู้มาก ทำให้ตัดสินปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์คือกิจการอย่างหนึ่งของมนุษย์		
N9 นักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมในกิจกรรมทางสังคมในฐานะผู้เชี่ยวชาญหรือพลเมืองของสังคม		
ข้อคำถาม	ข้อ 9	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีบทบาทในสังคม คือ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการคิดวิเคราะห์มาอธิบายให้สังคมเข้าใจในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยที่เขาไม่สามารถแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกต่าง ๆ ได้
ระดับความเข้าใจ	**คำตอบ**	**เหตุผลประกอบคำตอบ**
เข้าใจถูกต้องชัดเจน (IV)	ไม่เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์มีบทบาทเป็นพลเมืองของสังคม ซึ่งมีสิทธิที่จะแสดงความคิดเห็น และแสดงความรู้สึกเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคมเช่นเดียวกับบุคคลทั่วไปในสังคม
เข้าใจบางส่วน (TV)	ไม่แน่ใจ	นักวิทยาศาสตร์อธิบายความรู้วิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่ต้องแสดงความรู้สึก/ หรือนักวิทยาศาสตร์มีความรู้จึงอธิบายให้สังคมทราบ
ไม่เข้าใจ หรือเข้าใจคลาดเคลื่อน (NV)	เห็นด้วย	นักวิทยาศาสตร์แสดงความคิดเห็นจะทำให้สังคมเข้าใจความจริงคลาดเคลื่อน/ หรือ เพราะความคิดเห็นหรือความรู้สึกอาจไม่ถูกต้อง/ หรือ การแสดงความรู้สึกควรเป็นคนอื่นในสังคมไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างอนุทินสะท้อนการเรียนรู้

อนุทินสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ...../...../.....

ชื่อ-สกุล .....ชั้น.....เลขที่.....

สิ่งที่เรียนรู้

.....

.....

.....

สิ่งที่อยากเรียนรู้เพิ่มเติม

.....

.....

.....

จุดอ่อน/จุดแข็งของกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

ความรู้สึกและความคิดเห็น

.....

.....

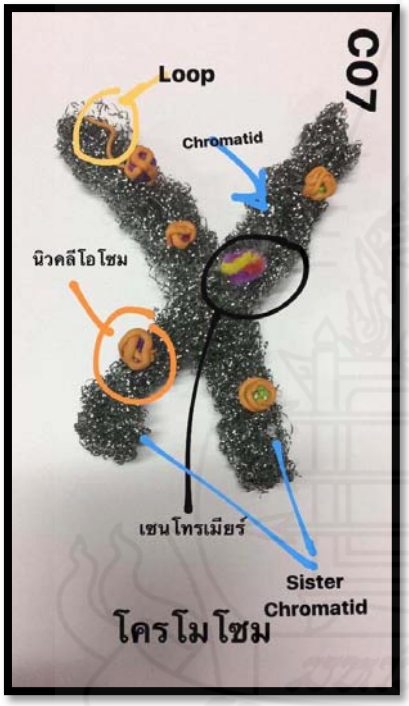
.....

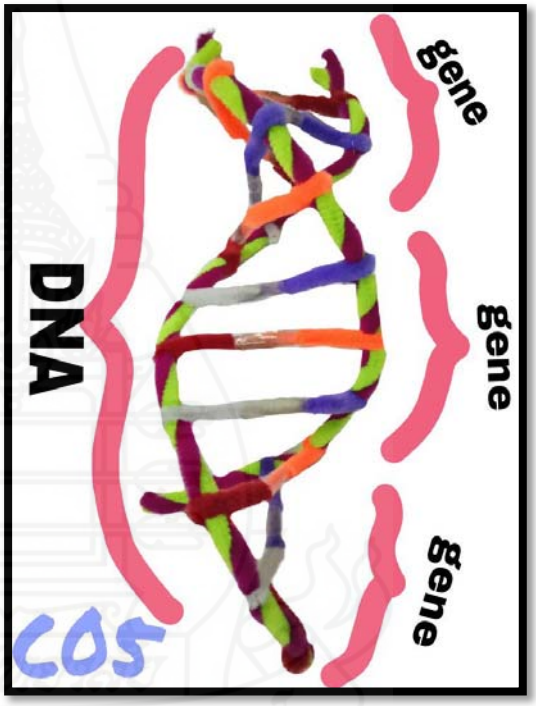
ภาคผนวก ซ

ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

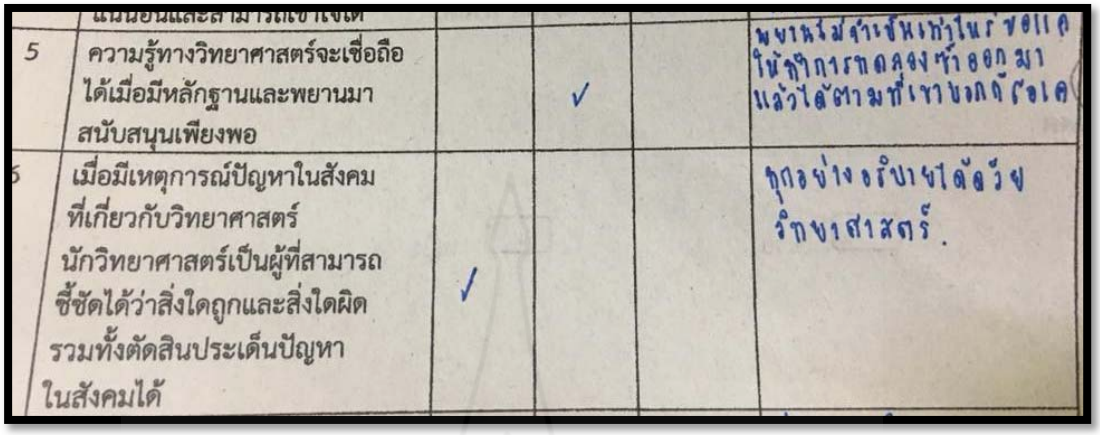
ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน

ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน

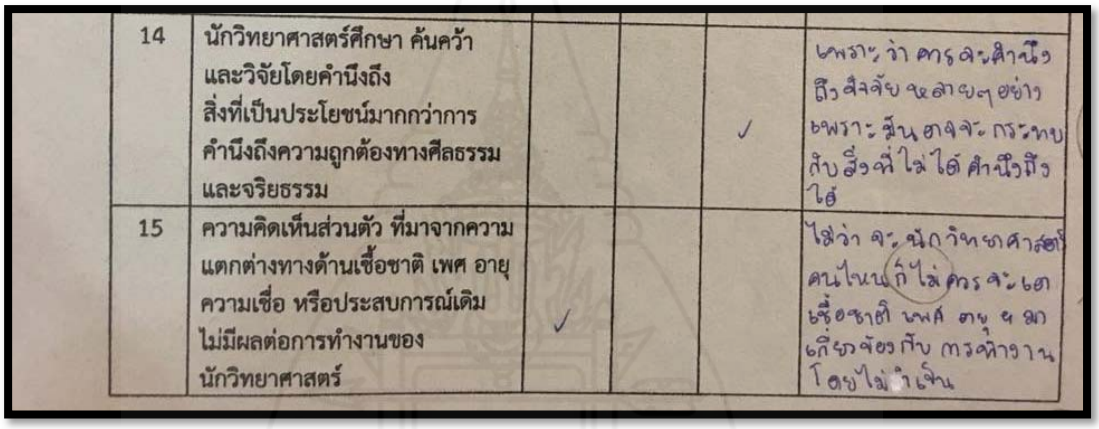




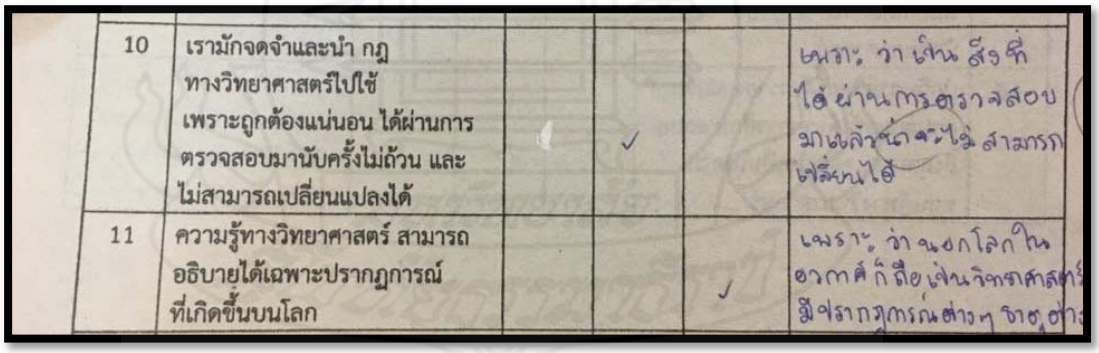
ภาพตัวอย่างการตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์



	แน่นอนและสามารถเข้าใจได้				
5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ		✓		พยานไม่จำเป็นเท่าไหร่ ขอแค่ให้ทำการทดลองซ้ำออกมาแล้วได้ตามที่เขาบอกก็เชื่อได้
6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้	✓			ทุกอย่างเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์.

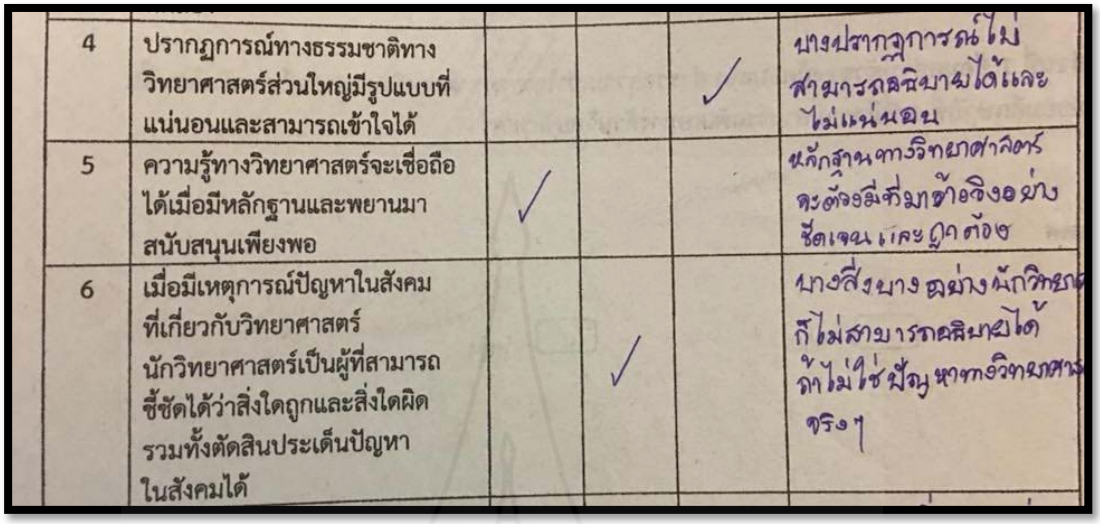


14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม			✓	เพราะว่าการจะศึกษาอะไรสักอย่างก็ต้องคำนึงถึงสิ่งจัยหลายๆอย่าง เพราะมันอาจจะกระทบกับสิ่งที่ไม่ได้คำนึงถึงก็ได้
15	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์	✓			ไม่ว่าจะนักวิทยาศาสตร์คนไหนก็ไม่ควรจะเอาเชื้อชาติ เพศ อายุ ฯลฯ มาเกี่ยวข้องกับการทำงานโดยไม่จำเป็น

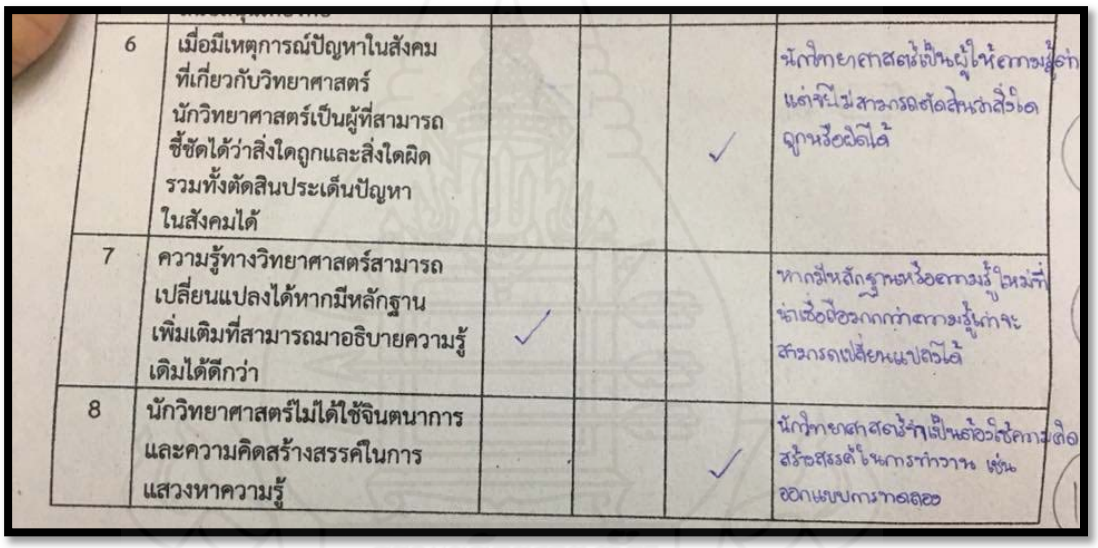


10	เรามักจดจำและนำ กฎทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้		✓		เพราะว่าเป็นสิ่งที่ได้ผ่านการตรวจสอบมาหลายครั้งจะไม่สามารถเปลี่ยนได้
11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก			✓	เพราะว่านอกโลกในอวกาศก็ถือเป็นวิทยาศาสตร์มีปรากฏการณ์ต่างๆ มากมาย

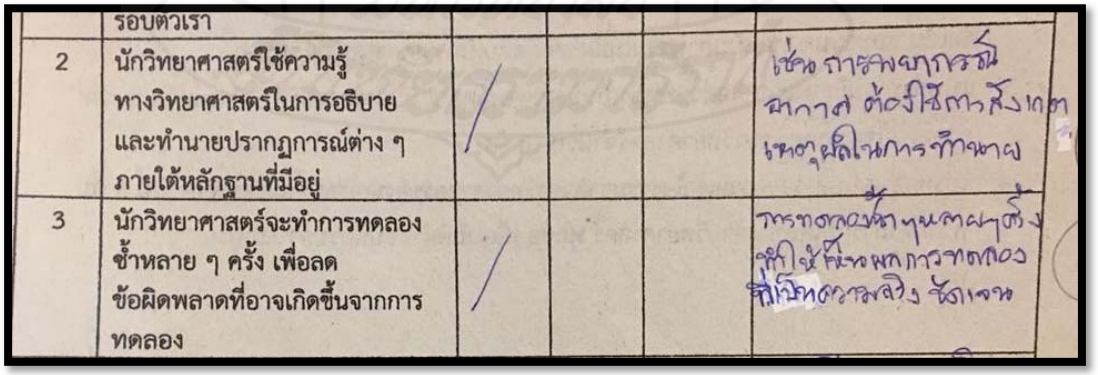
ภาพตัวอย่างการตอบแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์



4	ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนและสามารถเข้าใจได้			✓	บางปรากฏการณ์ไม่สามารถอธิบายได้และไม่แน่นอน
5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ	✓			หลักฐานทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีที่มาที่อ้างอิงอย่างชัดเจนและถูกต้อง
6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้		✓		บางสิ่งบางอย่างนักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถอธิบายได้ ถ้าไม่ใช่ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จริงๆ



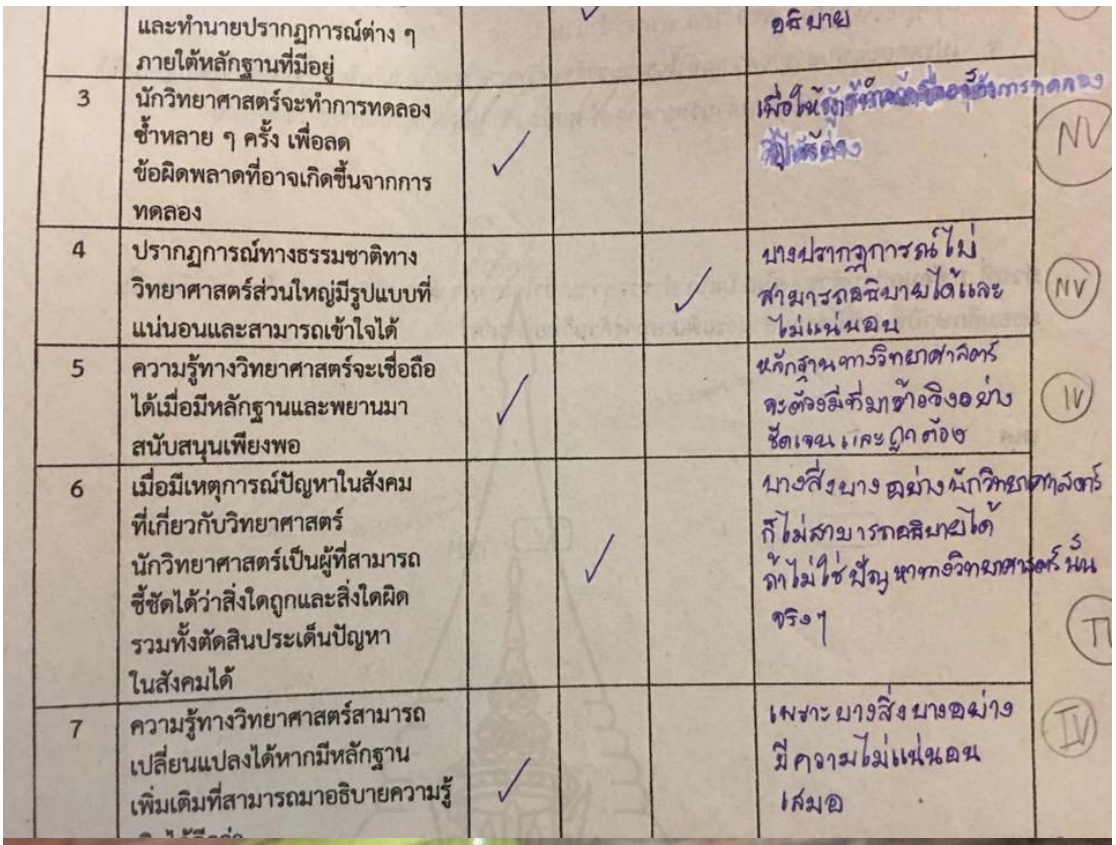
6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้			✓	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ให้ความรู้แต่จะนำไปสามารถตัดสินว่าสิ่งใดถูกหรือผิดได้
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	✓			หากมีหลักฐานหรือความรู้ใหม่ที่น่าเชื่อถือมากกว่าความรู้เก่าจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้			✓	นักวิทยาศาสตร์ก็เป็นต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการทำงาน เช่น ออกแบบการทดลอง



	รอบตัวเรา				
2	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่	/			เช่น การคาดการณ์สภาพอากาศ ต้องใช้การสังเกตและข้อมูลในการทำนาย
3	นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง	/			การทดลองซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง ทำให้ผลการทดลองที่ได้มีความถูกต้องชัดเจน

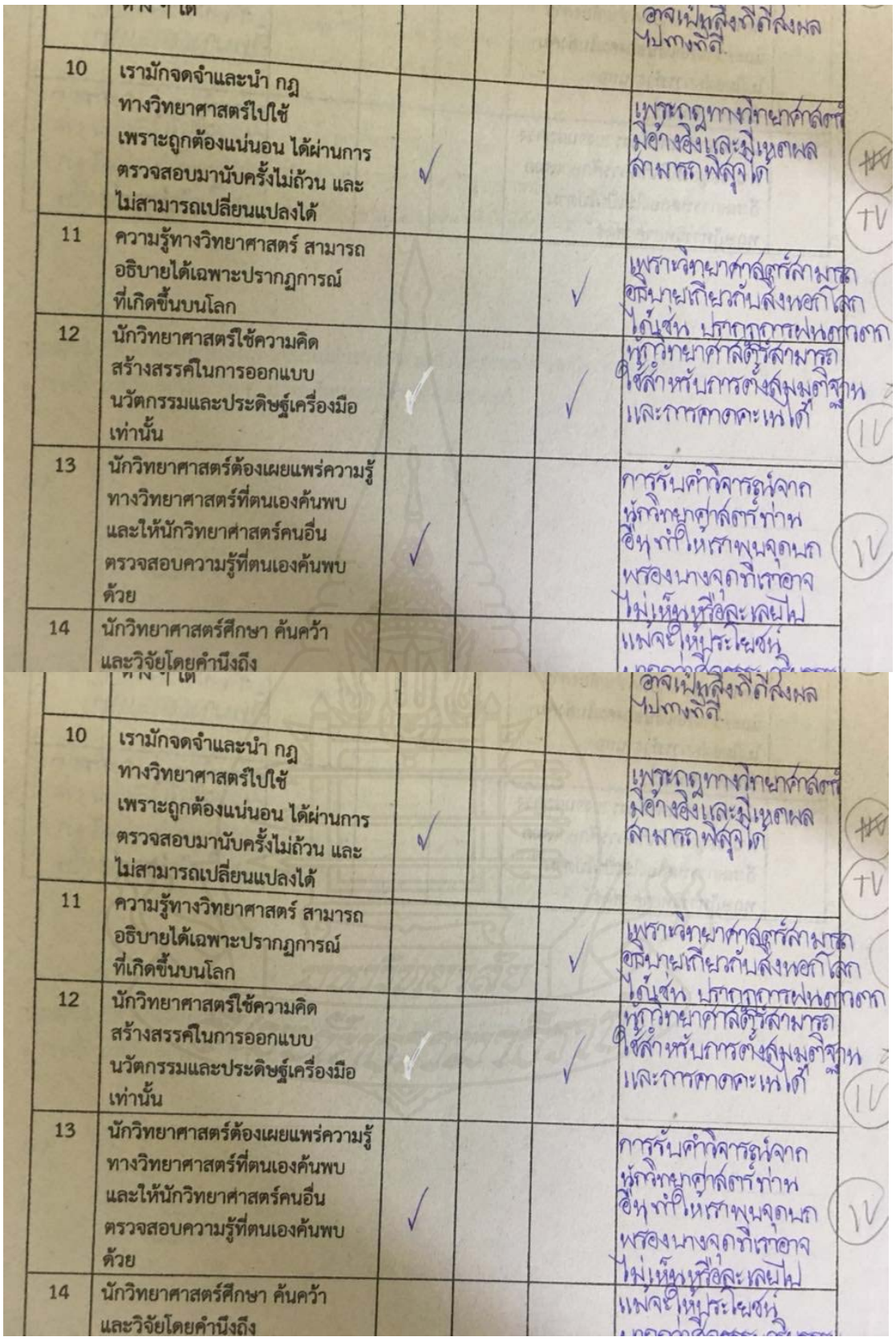
	นวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น	✓			
	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย	✓			ความจริงต้องพิสูจน์ หากถูกจริงก็ต้องพิสูจน์ ก็ต้องเป็นไปตามการทดลอง
	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม	✓			เพราะหากคนอยู่แต่ในศีลธรรม ก็คงจะไม่มีอะไรพัฒนาค่ะ
	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์			✓	* นักวิทยาศาสตร์ต้องผิดจากความจริง ไม่ใช่ คณิต. แยกกันมีความเชื่อส่วนตัว

	นวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น	✓			
	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย	✓			ความจริงต้องพิสูจน์ หากถูกจริงก็ต้องพิสูจน์ ก็ต้องเป็นไปตามการทดลอง
	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยโดยคำนึงถึงสิ่งที่เป็นประโยชน์มากกว่าการคำนึงถึงความถูกต้องทางศีลธรรมและจริยธรรม	✓			เพราะหากคนอยู่แต่ในศีลธรรม ก็คงจะไม่มีอะไรพัฒนาค่ะ
	ความคิดเห็นส่วนตัว ที่มาจากความแตกต่างทางด้านเชื้อชาติ เพศ อายุ ความเชื่อ หรือประสบการณ์เดิม ไม่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์			✓	* นักวิทยาศาสตร์ต้องผิดจากความจริง ไม่ใช่ คณิต. แยกกันมีความเชื่อส่วนตัว



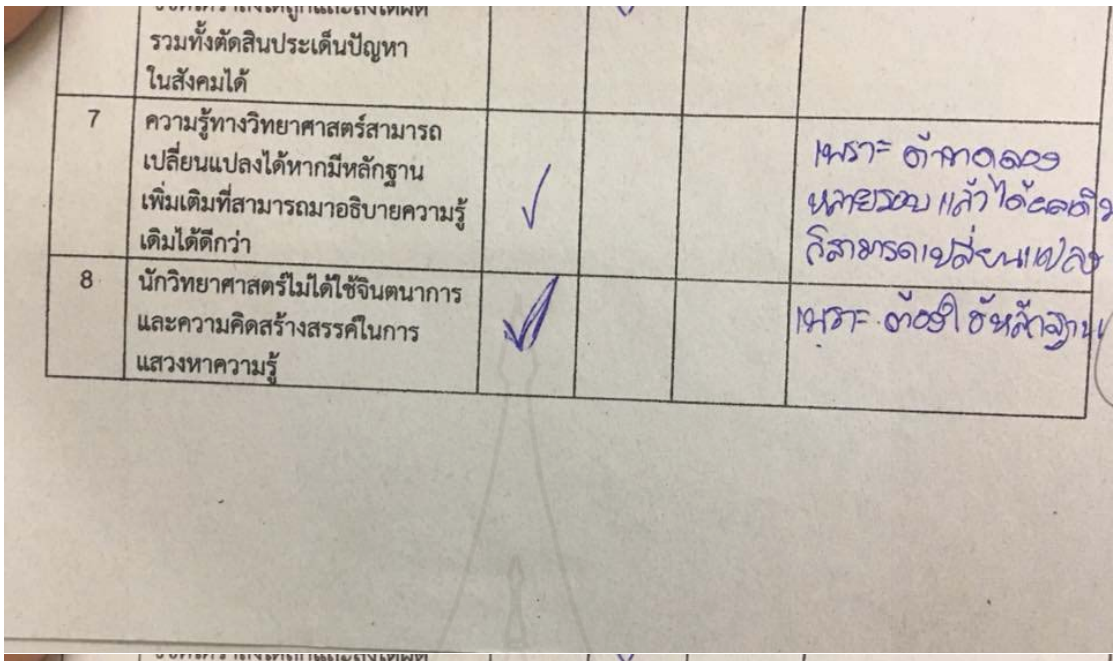
	และทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ภายใต้หลักฐานที่มีอยู่		✓		อธิบาย
3	นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง	✓			เพื่อให้มั่นใจว่าผลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้องมากที่สุด
4	ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนและสามารถเข้าใจได้			✓	บางปรากฏการณ์ไม่สามารถอธิบายได้และไม่แน่นอน
5	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเชื่อถือได้เมื่อมีหลักฐานและพยานมาสนับสนุนเพียงพอ	✓			หลักฐานทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีสิ่งมาอ้างอิงอย่างชัดเจนและถูกต้อง
6	เมื่อมีเหตุการณ์ปัญหาในสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้		✓		บางสิ่งบางอย่างนักวิทยาศาสตร์ก็ไม่สามารถอธิบายได้ ถ้าไม่ใช่ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั่นจริง ๆ
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้	✓			เพราะบางสิ่งบางอย่างมีความไม่แน่นอนเสมอ

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็น			เหตุผลประกอบคำตอบ
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	
9	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้มีบทบาทในสังคม คือ เป็นผู้เชี่ยวชาญในการนำความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการคิดวิเคราะห์มาอธิบายให้สังคมเข้าใจในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น โดยที่เขาไม่สามารถแสดงความคิดเห็น หรือความรู้สึกต่าง ๆ ได้		✓		เพราะ นักวิทยาศาสตร์น่าจะสามารถแสดงความคิดเห็นในงานวิจัยต่าง ๆ ได้
10	เรามักจดจำและนำ กฎทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้		✓		เพราะ ว่าเป็นสิ่งที่ได้ผ่านการตรวจสอบมาแล้วนั่นจะไม่สามารถเปลี่ยนได้
11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถ				เพราะ ว่านอกโลกในอวกาศก็คือเป็นวิทยาศาส

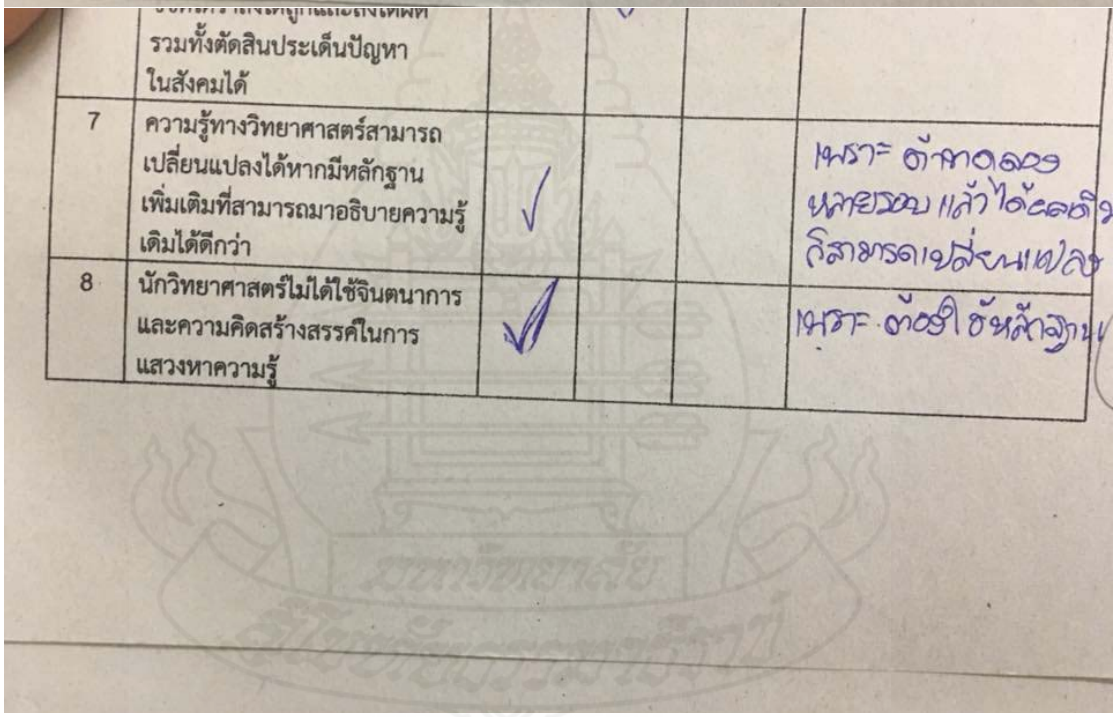


	ทาง ๆ ได้				อาจเห็นผลสิ่งที่ส่งผลไปทางดีขึ้น
10	เรามักจดจำและนำ กฎทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓			เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์มีอ้างอิงและมีเหตุผลสามารถพิสูจน์ได้
11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก			✓	เพราะวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายเกี่ยวกับสิ่งทอยู่โลก ได้เช่น ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
12	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น	✓		✓	นักวิทยาศาสตร์ใช้สามารถใช้สำหรับการสร้างสรรค์พื้นฐานและการคาดคะเนได้
13	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย	✓			การรับคำวิจารณ์จากนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นๆทำให้เราพบจุดบกพร่องบางจุดที่เราอาจไม่เห็นหรือละเลยไป
14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยโดยคำนึงถึง				แม้จะให้ประโยชน์

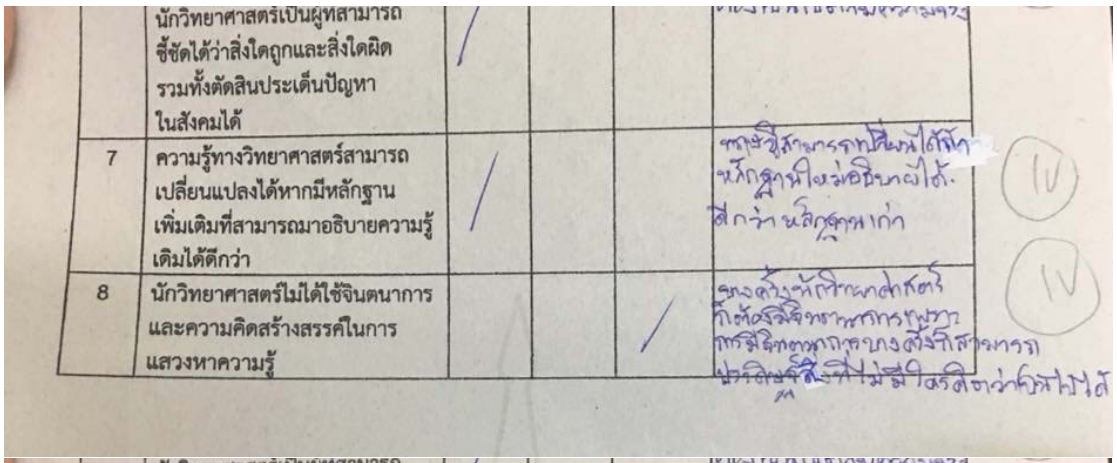
	ทาง ๆ ได้				อาจเห็นผลสิ่งที่ส่งผลไปทางดีขึ้น
10	เรามักจดจำและนำ กฎทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เพราะถูกต้องแน่นอน ได้ผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	✓			เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์มีอ้างอิงและมีเหตุผลสามารถพิสูจน์ได้
11	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถอธิบายได้เฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนโลก			✓	เพราะวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายเกี่ยวกับสิ่งทอยู่โลก ได้เช่น ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
12	นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมและประดิษฐ์เครื่องมือเท่านั้น	✓		✓	นักวิทยาศาสตร์ใช้สามารถใช้สำหรับการสร้างสรรค์พื้นฐานและการคาดคะเนได้
13	นักวิทยาศาสตร์ต้องเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ตนเองค้นพบและให้นักวิทยาศาสตร์คนอื่นตรวจสอบความรู้ที่ตนเองค้นพบด้วย	✓			การรับคำวิจารณ์จากนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นๆทำให้เราพบจุดบกพร่องบางจุดที่เราอาจไม่เห็นหรือละเลยไป
14	นักวิทยาศาสตร์ศึกษา ค้นคว้าและวิจัยโดยคำนึงถึง				แม้จะให้ประโยชน์



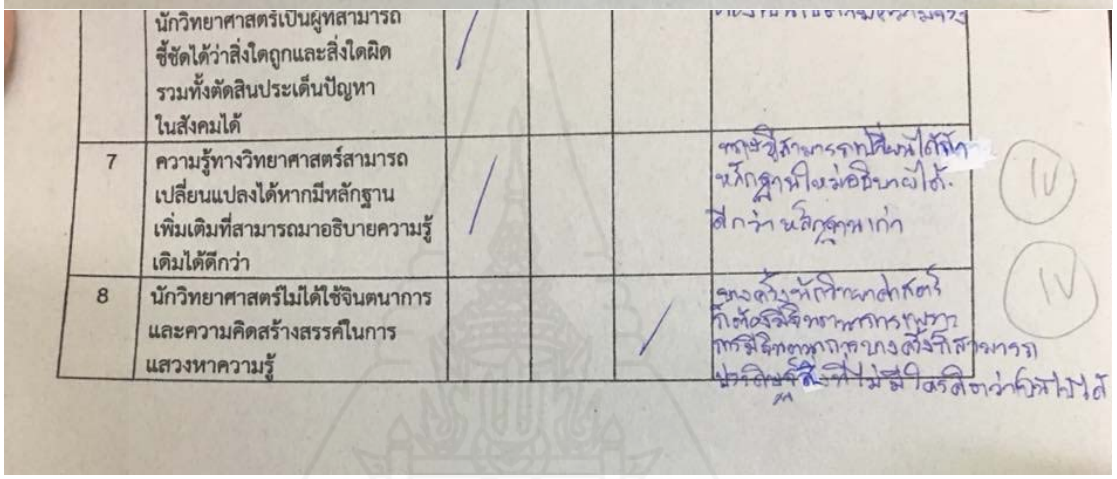
	รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้				
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	✓			เพราะ ถ้ามีการศึกษาหลายๆ ครั้งแล้วได้ผลที่ดีกว่าก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้	✓			เพราะ ต้องใช้หลักฐานที่



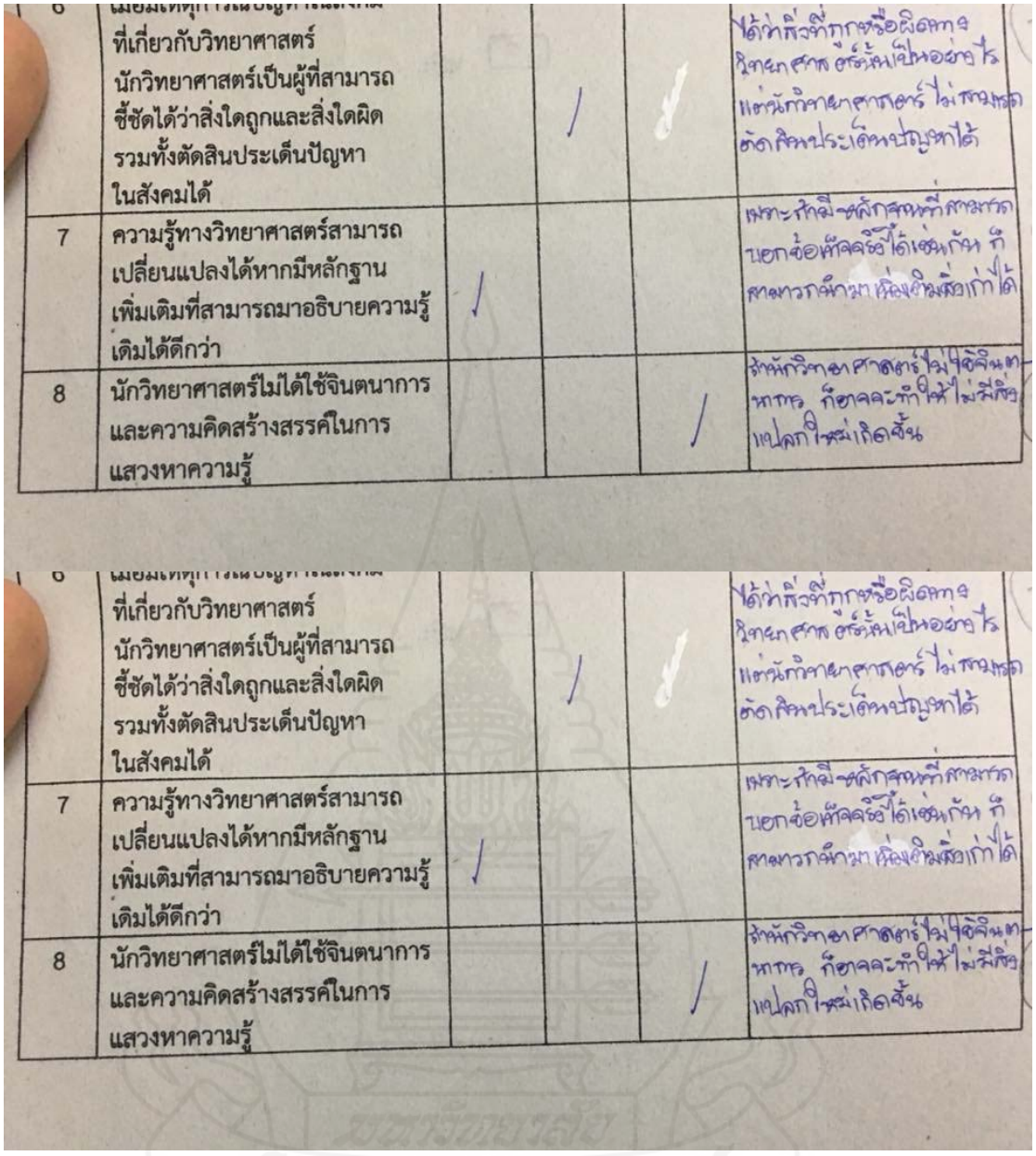
	รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้				
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	✓			เพราะ ถ้ามีการศึกษาหลายๆ ครั้งแล้วได้ผลที่ดีกว่าก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้	✓			เพราะ ต้องใช้หลักฐานที่



	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้	/			
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	/			
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้			/	



	นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้	/			
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	/			
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้			/	



6	ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้		/	/	ได้ก็ต่อเมื่อถูกหรือผิดตามหลักวิทยาศาสตร์นั้นเป็นอย่างไร แต่นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตัดสินประเด็นปัญหาได้
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	/			เพราะว่าหลักฐานที่สามารถนอกจากข้อค้นคว้าได้เช่นกัน ก็สามารถนำมาเพิ่มเติมสิ่งเก่าได้
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้			/	นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการ ก็อาจจะทำให้ไม่มีสิ่งแปลกใหม่เกิดขึ้น

6	ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่สามารถชี้ชัดได้ว่าสิ่งใดถูกและสิ่งใดผิด รวมทั้งตัดสินประเด็นปัญหาในสังคมได้		/	/	ได้ก็ต่อเมื่อถูกหรือผิดตามหลักวิทยาศาสตร์นั้นเป็นอย่างไร แต่นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตัดสินประเด็นปัญหาได้
7	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หากมีหลักฐานเพิ่มเติมที่สามารถมาอธิบายความรู้เดิมได้ดีกว่า	/			เพราะว่าหลักฐานที่สามารถนอกจากข้อค้นคว้าได้เช่นกัน ก็สามารถนำมาเพิ่มเติมสิ่งเก่าได้
8	นักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการแสวงหาความรู้			/	นักวิทยาศาสตร์ใช้จินตนาการ ก็อาจจะทำให้ไม่มีสิ่งแปลกใหม่เกิดขึ้น

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางวิภาวี จินดานุรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	13 เมษายน 2529
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
	ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครูสาขาการสอนวิทยาศาสตร์
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนคณะราษฎร์บำรุงปทุมธานี อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะชำนาญการ