ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน)

ปริญญา

การสอนวิทยาศาสตร์ | การศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง "ภาวะโลกร้อน" โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

The Development of Scientific Literacy on "Global Warming" by Science Project Activity

นามผู้วิจัย นางสาวสุขรัชต์ดา วงษาสุข

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์วีระศักดิ์ อุดมโชค, D.Tech.Sc.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุดารัตน์ สารสว่าง, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

The Development of Scientific Literacy on “Global Warming” by Science Project Activity

โดย

นางสาวสุขรัชต์ดา วงษาสุข

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต(ศึกษาศาสตร์-การสอน)
พ.ศ. 2552

สุขรัชต์ดา วงษาสุข 2552: การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ปร.ด. 215 หน้า

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน พลวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 และ 2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 42 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี งานวิจัยนี้มี 2 ระยะคือ ระยะที่ 1 ออกแบบและสร้างชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ และระยะที่ 2 นำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับนักเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ 1. การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน 2. การรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อน ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน คือ 1. ด้านความรู้ (Knowledge) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) และ 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of science) การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาและจัดกลุ่มคำตอบ และวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมโดยคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านและคิดเป็นร้อยละ

ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนรับรู้คำสำคัญเรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น และให้คำจัดความคำสำคัญเหล่านั้นได้สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ รวมถึงสามารถช่วยพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน โดยในด้านความรู้ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านนี้เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 59.25 เป็นร้อยละ 85.75 ซึ่งพิจารณามาจากความเข้าใจแนวคิดเรื่องสาเหตุและกระบวนการเกิดภาวะโลกร้อนและเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน โดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ด้านการมีส่วนร่วม นักเรียนเคยมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 61.90 เป็นร้อยละ 100 และด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 54.17 เป็น ร้อยละ 94.33

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Sukratda Wongsasuk 2009: The Development of Scientific Literacy on "Global Warming" by Science Project Activity. Master of Arts in Teaching, Major Field: Teaching Science, Department of Education.
Thesis Advisor: Mr. Pongprapan Pongsophon, Ph.D. 215 pages.

The objectives of this research were to examine the effect of science project activity on students' level of scientific literacy on "Global Warming" The participants were forty two grade-11students from one large-size school in Nonthaburi who enrolled Science Project course in the first and second semester, academic year 2008. This study had 2 phases. The first phase is to design and develop Science Project Learning Unit. The second phase is to implement the learning unit and evaluate its effectiveness in term of the promotion of scientific literacy on global warming. The research tools were the questionnaire about students' scientific literacy on "Global Warming" which consisted of two parts. The first part was the perception about the keywords of "Global Warming". The second part was the scientific literacy on "Global Warming" which consisted of three parts (aspects of the scientific literacy, known as KEN); Knowledge (K), Engagement (E) and Nature of Science (N). The data were analyzed by content analysis and categorization. The profile of scientific literacy of the whole group of students was illustrated the mean score of each aspect.

The results indicated that science project activity could increase the students' perception about the keywords of "Global Warming" and the students could explain the definition of these words related to the scientific concept. Moreover the students could develop the scientific literacy on "Global Warming". The mean score of content knowledge had increased from 59.25 to 85.75. The students had developed scientific understanding in the concepts of causes, process and consequences of Global Warming. In the aspect of engagement, the mean score increases from 61.90 to 100. In the aspect of the nature of science, the mean score has increased 54.17 to 94.33.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ อุดมโชค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้แนวคิด คำปรึกษา อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และครูผู้สอนโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่กรุณาให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในโรงเรียนครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้เป็นพลวิจัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี และมีจิตใจที่เปิดกว้างต่อกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในขณะดำเนินการวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้เป็นตัวอย่างในการดำเนินชีวิตและเล็งเห็นคุณค่าของการศึกษา รวมทั้งอุทิศความรัก ความเอาใจใส่ และเป็นกำลังใจสำคัญของผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณ บิดา มารดา บูรพคณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุขรัชต์ดา วงษาสุข

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(8)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามของการวิจัย	6
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
ขอบเขตของการวิจัย	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	10
การรู้วิทยาศาสตร์	11
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	17
แนวคิดเรื่อง ภาวะโลกร้อน	35
การจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	61
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	65
รูปแบบการวิจัย	65
พลวิจัย	65
การเก็บรวบรวมข้อมูล	66
เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ	69
การวิเคราะห์ข้อมูล	73
คุณภาพงานวิจัย	77
จริยธรรมของการวิจัย	79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	80
ตอนที่ 1 บริบทของโรงเรียน	81
ตอนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนเรียนรู้	85
ตอนที่ 3 การนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่องภาวะโลกร้อนไปใช้	140
ตอนที่ 4 การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน	150
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	187
สรุป	187
ข้อเสนอแนะ	193
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	195
ภาคผนวก	203
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	204
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือการวิจัย	206
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	215

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนนักเรียน อาจารย์ และเจ้าหน้าที่	81
2	คุณสมบัติของนักเรียน	84
3	ความเข้าใจคำสำคัญก๊าซเรือนกระจกของนักเรียน	86
4	ความเข้าใจคำสำคัญน้ำแข็งขั้วโลกละลายของนักเรียน	87
5	ความเข้าใจคำสำคัญปะการังฟอกขาวของนักเรียน	89
6	ความเข้าใจคำสำคัญพิธีสารเกียวโตของนักเรียน	90
7	ความเข้าใจคำสำคัญการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียน	91
8	ความเข้าใจคำสำคัญ Recycle ของนักเรียน	92
9	ความเข้าใจคำสำคัญ Reuse ของนักเรียน	93
10	ความเข้าใจคำสำคัญ Repair ของนักเรียน	94
11	ความเข้าใจคำสำคัญ Replace ของนักเรียน	95
12	แนวคิดของนักเรียนในเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน	98
13	กลุ่มคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับผลกระทบของภาวะโลกร้อน	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	แนวคิดของนักเรียนในเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน	102
15	ลักษณะคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	105
16	แนวคิดของนักเรียนในเรื่องการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	105
17	ลักษณะคำตอบของนักเรียนในด้านการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน	107
18	ข้อคำถามวัดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 7 ด้าน	109
19	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 2	112
20	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 10	113
21	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 5	114
22	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 6	115
23	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 12	116
24	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 16	117
25	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 20	118
26	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 3	119

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
27	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 1	121
28	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 7	122
29	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 9	123
30	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 11	124
31	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 4	125
32	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 8	125
33	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 14	126
34	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 18	128
35	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 22	128
36	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 15	130
37	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 17	130
38	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 19	131
39	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 24	132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
40	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 13	133
41	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 21	134
42	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 23	135
43	กิจรรมการเรียนการสอนโครงงาน เรื่องภาวะโลกร้อน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น	141
44	การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน	151
45	ระดับความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน	152
46	การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน	157
47	การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน	158
48	การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	163
49	การพัฒนาการมีส่วนร่วมของนักเรียน ในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	164
50	การเปรียบเทียบลักษณะคำตอบของนักเรียนในด้านการมีส่วนร่วม	164
51	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 1 ของนักเรียน	168
52	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 ของนักเรียน	169

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
53	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 3 ของนักเรียน	172
54	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 4 ของนักเรียน	173
55	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 5 ของนักเรียน	175
56	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 6 ของนักเรียน	177
57	การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 7 ของนักเรียน	179

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ของ Karen Murcia	13
2	ส่วนประกอบของแผนผังโครงงาน	57
3	แผนผังห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์	82
4	สภาพห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์	83
5	แผนภูมิสรุปความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนเรียนรู้	97
6	แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้	137
7	นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่างๆ ของชุมชน เพื่อทำโครงงานการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการเกิดภาวะโลกร้อน	146
8	นักเรียนทำโครงงานเพื่อศึกษาและทดลองการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย	147
9	นักเรียนทำโครงงานทดลองรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว	148
10	นักเรียนทำโครงงานทดลองการทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อไปบำบัดน้ำเสียในชุมชน	149

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	นักเรียนทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์โดยออกแบบโมเดลบ้านประหยัดพลังงานลดโลกร้อน	150
12	แผนภูมิเปรียบเทียบความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้	153
13	แผนภูมิเปรียบเทียบความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้	154
14	นักเรียนวิเคราะห์ข่าวเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน	156
15	นักเรียนนำเสนอแผนผังมโนทัศน์สรุปเรื่องภาวะโลกร้อน	157
16	นักเรียนทำการทดลอง เพื่อศึกษากลไกการเกิดภาวะโลกร้อน	160
17	นักเรียนสามารถนำเสนอและสรุปความเข้าใจ เกี่ยวกับสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน หน้าชั้นเรียนได้อย่างถูกต้อง จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง	160
18	นักเรียนได้จัดแสดงผลงานเผยแพร่โครงงานวิทยาศาสตร์ในหัวข้อที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน ในงานวิชาการโรงเรียน	166
19	นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ ภายในห้องเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และซักถามข้อสงสัย	166

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	นักเรียนมีส่วนร่วมในการเผยแพร่วิธีป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ภายในโรงเรียน	167
21	นักเรียนได้รับเกียติบัตรจากผู้อำนวยการโรงเรียนในการประกวดโครงงานชนะเลิศ	167
22	นักเรียนให้โอกาสเพื่อนในกลุ่มแสดงความคิดเห็นในระหว่างการวางแผนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์	182
23	นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวทางในการทำโครงงานเมื่อได้รับคำแนะนำจากครู	183
24	นักเรียนสามารถนำกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ในโครงงาน ได้อย่างถูกต้อง	183
25	แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้	184
26	แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนหลังเรียนรู้	184

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ จนเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม จึงต้องพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีเป้าหมายและมีทิศทางเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของสังคมและทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อให้สังคมสามารถพึ่งพาตนเองได้ ในโลกที่เต็มไปด้วยความรู้และผลผลิตจากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นสำหรับทุกคนที่ต้องการเสาะหา ติดตาม และใช้ข้อมูลข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเพิ่มโอกาสในการเลือกวิถีชีวิตที่เหมาะสมและทันกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ทุกคนจำเป็นต้องใช้ความสามารถเชิงสติปัญญาในการคิดวิเคราะห์แสดงความคิดเห็นในเชิงสนับสนุนหรือโต้แย้งต่อประเด็นปัญหาสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การพัฒนาให้ทันใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จะสำเร็จหรือไม่ มากน้อยเพียงใด นั้น ขึ้นอยู่กับการจัดการศึกษา เพราะการศึกษาเป็นกระบวนการพัฒนาคน เมื่อพัฒนาแล้วคนในสังคมย่อมจะมีความสามารถในการปรับปรุงหรือดัดแปลงสิ่งต่างๆ ให้เจริญขึ้นได้
(นันทิยา บุญเคลือบ, 2528)

ดังนั้น การรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงถือเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียน เพื่อทำให้การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสนับสนุนให้เกิดสังคมโลกแห่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Millar, 2006) Bybee , DeBoer และ Laungksch ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์(Scientific literacy) ในหลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ โดยรวบรวมแหล่งข้อมูลจากหลายประเทศ ซึ่งสรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่ง่ายที่สุด คือ สิ่งที่ประชาชนทั่วไปทุกคนควรรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (Science for all) (Millar, 2006) เช่นเดียวกับที่ Bybee (1997) กล่าวว่า “การรู้วิทยาศาสตร์สำหรับผู้เรียนทุกคน คือเป้าหมายหลักของวิทยาศาสตร์ศึกษา ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุความต้องการทางสังคมและการพัฒนาความก้าวหน้าในแต่ละตัวบุคคลภายใต้บริบททางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น สามารถสรุปได้ว่า (Hodson, 2000; AAAS, 1990; National Science Education Standards,1996; HKCDC, 1998 cited in Lee, 2007; สสวท., 2545) การรู้วิทยาศาสตร์ นั้นประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1. ด้านความรู้ (Knowledge) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และการมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) หมายถึง สามารถอธิบายและยกตัวอย่างได้ และการเชื่อมโยงและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถวัดและประเมินค่า สาระความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสื่อต่างๆ ได้อย่างมีวิจารณญาณ สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสังคมมีความตระหนักและมีส่วนร่วมในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Nature of Science) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิเช่น องค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์นั้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบที่สมบูรณ์ได้ในทุกๆ คำถาม วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานยืนยัน วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและทำนายสิ่งต่างๆ ได้ และวิทยาศาสตร์คือกิจกรรมที่ซับซ้อนทางสังคม เป็นต้น

สำหรับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ก็ได้เล็งเห็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังจะเห็นได้จากคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้มีการระบุ เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมนุษย์ใช้กระบวนการสังเกต สำรวจ ตรวจสอบ และการทดลองเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิด และทฤษฎี ซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific inquiry) การแก้ปัญหา โดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ และการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว (สสวท., 2545)

จากเป้าหมายของวิทยาศาสตร์ศึกษาในบริบทของสังคมไทยนั้น พบว่ามีความสอดคล้องกับการรู้วิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับเป้าหมายวิทยาศาสตร์ศึกษาของต่างประเทศด้วยเหตุนี้เอง จึงทำให้วิทยาศาสตร์ศึกษาควรมีเป้าหมายแรก เพื่อการรู้วิทยาศาสตร์ของประชาชนโดยถ้วนหน้า (Science for all) โดยไม่กีดกันความสามารถที่แตกต่างกัน เพื่อให้ประชาชนมีความรู้ ทักษะเบื้องต้น และเจตคติทางวิทยาศาสตร์พอเพียงที่จะอยู่ในสังคมที่มีวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรม ส่วนเป้าหมายรองลงมา คือการวางพื้นฐานหรือสร้างตัวป้อนให้กับวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเป้าหมายท้ายสุด คือ การสร้างตัวป้อนสำหรับการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้สามารถสร้างความสามารถในการแข่งขันและการผลิตเชิงเศรษฐกิจของชาติ

อย่างไรก็ตามโครงการประเมินผลนักเรียนในระดับนานาชาติ Programme for International Student Assessment (PISA) ปี 2549 ซึ่งเป็นโครงการสำรวจความรู้และทักษะการเรียนของนักเรียน อายุ 15 ปี ในประเทศสมาชิกขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (OECD) และประเทศหรือเขตเศรษฐกิจที่ไม่ใช่สมาชิก เรียกว่า ประเทศร่วมโครงการ ประเทศไทยก็เป็นประเทศร่วมโครงการมาตั้งแต่ปี 2543 โดยโครงการนี้สำรวจว่าระบบการศึกษาได้เตรียมประชากรให้เพียงพอสำหรับจะใช้ชีวิตและมีส่วนร่วมในสังคมในอนาคตได้เพียงใด PISAประเมินการรู้เรื่อง (Literacy) ซึ่งเน้นที่สมรรถนะของนักเรียนที่จะใช้ความรู้และทักษะเพื่อเผชิญกับโลกในชีวิตจริง หรือการเตรียมตัวเป็นประชาชนในอนาคต มากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน โดยมีการประเมินสามด้าน คือ ด้านการอ่าน (Reading Literacy) ด้านคณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) และ ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ผลจากการประเมิน พบว่า คะแนนค่าเฉลี่ยของนักเรียนไทย ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และอยู่ในอันดับ ประมาณ 41-42 จาก 57 ประเทศ บ่งชี้ว่าระบบการศึกษาของชาติยังไม่สามารถเตรียมนักเรียนให้มีความรู้และทักษะใหม่ที่จำเป็นสำหรับการเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในอนาคตได้อย่างพอเพียง เพราะนักเรียนยังมีความรู้ความสามารถค่อนข้างอยู่ในระดับต่ำ โดยภาพรวม จึงอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่านักเรียนไทยด้อยสติปัญญามาโดยธรรมชาติ ไม่มีโอกาสที่จะทัดเทียมเพื่อนวัยเดียวกันจากประเทศอื่น แต่หากมีการวิเคราะห์ข้อมูลให้ลึกในรายละเอียด พบว่า นักเรียนไทยนั้นสามารถมีความสามารถทัดเทียมเพื่อนร่วมวัยจากประเทศอื่นๆ ได้ และการที่นักเรียนไทยแสดงความอ่อนด้อยในคุณภาพของการเรียนรู้นั้น น่าจะมาจากปัจจัยภายนอก ซึ่งก็คือปัญหาในเรื่องการจัดการเรียนการสอน ให้บรรลุตามเป้าหมายของการให้การศึกษากับนักเรียนนั่นเอง ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่ยังสามารถแก้ไขปรับปรุงได้
(สุนีย์ คล้ายนิล, 2549)

ปัจจุบันนี้ เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ชี้ให้เห็นแนวโน้มว่าทุกคนจะต้องเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงอันหลากหลายในอัตราที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนว่าโลกในศตวรรษหน้าจะมีปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ทั้งทางวิวัฒน์ และทางวิบัติ เกินกว่าจะคิดคาดถึง ซึ่งในปัจจุบันนี้โลกกำลังประสบปัญหาในเรื่อง ภาวะโลกร้อนอย่างร้ายแรง ทั้งนี้เองเกิดมาจากการทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากการกระทำของมนุษย์ อันเนื่องมาจากการขาดการรู้วิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง และไม่มีความเข้าใจในเรื่องการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดอย่างแท้จริง จึงทำให้โลกของเราแถบทุกทวีปทั่วโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นและมีแนวโน้มด้วยว่าในอนาคตโลกจะมีอุณหภูมิสูงเพิ่มขึ้นต่อไปอีก

สภาพภูมิอากาศของโลกอยู่ในภาวะวิกฤตอย่างหนัก เนื่องจากสาเหตุหลายประการที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของประชากร ความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและการใช้พลังงานอย่างไม่จำกัด จนทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก โดยสาเหตุสำคัญหลักที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนนั้น คือ การกระทำของมนุษย์ที่ไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นอยู่นี้เป็นปรากฏการณ์ในระดับโลก การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลสืบเนื่องจากภาวะโลกร้อนนั้น จะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาคของโลก (Houghton, 1997) จากปัญหาภาวะโลกร้อน ดังกล่าวนี้เอง ได้ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยอยู่บนโลก ไม่ว่าจะเป็น มนุษย์ สัตว์ พืช ฯลฯ ทำให้ระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงและเกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและภัยพิบัติต่างๆ ตามมาอย่างมากมาย เช่น น้ำแข็งทั่วโลกละลาย เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมในบางพื้นที่ สิ่งมีชีวิตบางชนิดล้มตาย เป็นต้น ดังนั้นปัญหานี้จึงเป็นปัญหาสำคัญที่หน่วยงานทั่วโลกกำลังเร่งดำเนินการแก้ไข

สำหรับในประเทศไทย ก็ตกอยู่ในข่ายของประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก และมีส่วนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโลกด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะการลดลงของป่าไม้และการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก การก่อให้เกิดละอองในชั้นบรรยากาศจากการเผาชีวมวล ทั้งนี้ประเด็นที่สำคัญ ที่เห็นได้ชัดในแง่ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศคือ สภาวะภูมิอากาศของประเทศไทยได้เปลี่ยนแปลงไป เกิดภาวะภัยแล้งและน้ำท่วมมากขึ้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ อาจเกิดผลเสียกับระบบนิเวศ ผลผลิตทางการเกษตร ชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คน โรคภัยไข้เจ็บ รวมถึงด้านเศรษฐกิจและสังคม

ปัญหาภาวะโลกร้อน จึงเป็นประเด็นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสังคม และกำลังได้รับความสนใจอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ระบบการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องจัดเตรียมคน เพื่อเผชิญกับวิกฤตภาวะโลกร้อนนี้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดให้เป็นสาระของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ได้แก่ สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม และสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไว้ ดังนี้ มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก นำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน และมาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนั้น การให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ จึงต้องมีการสนับสนุนและสอนเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาเรื่อง ภาวะโลกร้อน เพื่อสามารถทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจ มีความตระหนัก และเห็นความสำคัญของการรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อสามารถใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นได้อย่างยั่งยืนตามมาตรฐานของหลักสูตร

ดังนั้นในการสอนประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และสังคม (Socio-scientific issue) ในห้องเรียนนั้น (Hodson, 2006) ในปัจจุบันนี้ สถานการณ์ที่กำลังเป็นปัญหาอยู่ที่งานวิจัยนี้ต้องการให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไข ก็คือ ปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนจะต้องสนับสนุนให้นักเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเรื่อง ภาวะโลกร้อน เพื่อที่จะรู้เท่าทันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างตรงจุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นปัญหานี้เป็นปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนและการที่จะสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาปรับใช้ในสถานการณ์จริงได้นั้น สถานศึกษาต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดให้มีการเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้ป้องกันและแก้ไขปัญหา จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริงฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทำให้เกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่องผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน มีการอำนวยความสะดวกเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และมีความรอบรู้ รวมทั้งสามารถใช้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน และจัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545)

รูปแบบการเรียนการสอนหรือการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่อง ภาวะโลกร้อนนี้ คือ กระบวนการเรียนรู้ในลักษณะของโครงงานวิทยาศาสตร์ ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้ผู้เรียนเป็นเจ้าของกระบวนการเรียนรู้เหล่านั้นด้วยตนเอง เพราะกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากจะฝึกให้นักเรียนมีความรู้วิทยาศาสตร์ ความชำนาญและมีความมั่นใจในการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ทดลองคิดค้นหรือค้นคว้าหาความรู้ต่างๆ ยังช่วยส่งเสริมให้จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สัมฤทธิ์ผลโดยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้เข้าใจลักษณะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความคิดอย่างมีวิจารณญาณ เป็นผู้คิดเป็น ทำเป็น มีความเชื่อมั่นในตนเอง ฝึกการทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ และสิ่งที่สำคัญก็คือ ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับโรงเรียนให้ดีขึ้น และช่วยกระตุ้นให้ชุมชนได้สนใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2531; นิโลบล นิ่มกิ่งรัตน์และคณะ, 2540; ภพ เลาหไพบูลย์, 2534; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมด งานวิจัยนี้ จึงต้องการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียนโดยศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน เพราะเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่สนับสนุนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองจากการได้ทำโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อหาแนวทาง ในการป้องกัน อนุรักษ์ หรือแก้ไข ปัญหาภาวะโลกร้อน โดยจะได้จากการ วางแผน ดำเนินการ สืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าหาข้อมูล ทดลอง ปฏิบัติงาน ด้วยตนเองจากกระบวนทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ เพื่อทำให้นักเรียนเป็นผู้ที่รู้เท่าทันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสามารถใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม สังคม รวมถึงได้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ แก้ไข และมีโอกาสในการได้เผยแพร่ความรู้ให้กับประชาชนในชุมชนและท้องถิ่น ต่อไป

คำถามของการวิจัย

การจัดการเรียนการสอนโดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน เพิ่มขึ้นได้ หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

ระยะเวลาในการวิจัย เดือนกุมภาพันธ์ 2551 – กุมภาพันธ์ 2552

พลวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 42 คน ที่เรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางให้กับครูผู้สอนในสถานศึกษา และครูอาจารย์ที่ได้อ่านงานวิจัยนี้นำไปจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน นักศึกษา และบุคคลกลุ่มต่างๆ ต่อไป

2. ช่วยพัฒนาให้เยาวชนได้เป็นส่วนหนึ่งในการรณรงค์และช่วยแก้ไขปัญหาเรื่อง ภาวะโลกร้อน

3. เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติให้กับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันผลิตครูวิทยาศาสตร์ ในการวางแผนนโยบายการจัดการเรียนการสอน และการจัดทำหลักสูตรแบบบูรณาการที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

การรู้วิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะและคุณลักษณะของบุคคลใน 3 ด้าน คือ 1. ด้านความรู้ (Knowledge) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และการมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) หมายถึง สามารถอธิบายและยกตัวอย่างได้ มีการเชื่อมโยงและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถวัดและประเมินค่า สื่อ บทความ ทางวิทยาศาสตร์ อย่างวิจารณญาณได้ สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสังคม มีความตระหนักและมีส่วนร่วมในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี อาทิเช่น องค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบที่สมบูรณ์ได้ในทุกๆ คำถาม วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานยืนยัน วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและทำนายสิ่งต่างๆ ได้

การรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน หมายถึง การที่นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในสาเหตุและกระบวนการของการเกิดภาวะโลกร้อนที่ถูกต้อง ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้ง ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ที่เป็นความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ เช่น พลังงานแสง บรรยากาศและอุตุนิยมวิทยา การเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ความหลากหลายทางชีวภาพ การประยุกต์วิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมกับคุณภาพชีวิต เป็นต้น จนทำให้มีความตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ตลอดจนมีส่วนร่วม และเห็นแนวทางในการแก้ปัญหา อนุรักษ์ ป้องกัน และเผยแพร่ความรู้ และเสนอแนวทางแก้ปัญหานี้ ให้ประชาชนในชุมชน ท้องถิ่น ของตนเองต่อไป

กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เพื่อมุ่งพัฒนาให้นักเรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน โดยสามารถแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเอง สามารถศึกษาค้นคว้าความรู้เพิ่มเติมเพื่อทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมเรื่องภาวะโลกร้อนได้ตามความสนใจอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งนักเรียนจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติงานเป็นกลุ่ม โดยใช้วิธีและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้การให้คำปรึกษาและการดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ ซึ่งขั้นตอนการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์นี้จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา (ในโครงงานนี้จะให้นักเรียนได้ทำโครงงานในหัวข้อที่สนใจ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องภาวะโลกร้อน)

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงาน

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยเพื่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ และนำมาเรียบเรียงตามลำดับดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy)

1.1 ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์

1.2 ระดับของการรู้วิทยาศาสตร์

1.3 การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)

2.1 ความหมายและความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

2.2 ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์

2.3 การวัดประเมินและการวิเคราะห์ธรรมชาติวิทยาศาสตร์

3. แนวคิดเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน (Global Warming)

3.1 ความหมายของภาวะโลกร้อน

3.2 สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน

3.3 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน

3.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

4. การจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์

4.2 จุดมุ่งหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์

4.3 หลักการของโครงงานวิทยาศาสตร์

4.4 คุณค่าและความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์

4.5 ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์

4.6 ขั้นตอนในการดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์

4.7 การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรู้วิทยาศาสตร์

1. ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์

ตั้งแต่คำว่า "การรู้วิทยาศาสตร์" เกิดขึ้นในแวดวงการศึกษาเมื่อประมาณเกือบครึ่งศตวรรษที่ผ่านมาในบทความของ Hurd และ RiChard McCurdy ที่กล่าวว่าการรู้วิทยาศาสตร์นั้นเป็นเป้าหมายสำคัญของวิทยาศาสตร์ศึกษา (Hodson, 2000) มีผู้ที่พยามจะสร้างคำนิยามให้กับคำว่า "การรู้วิทยาศาสตร์" อย่างมากมาย อาทิเช่น

American Association for the Advancement of Science (AAAS) ได้ให้ความหมายของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า การตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับมนุษย์อย่างมาก เข้าใจแนวคิดสำคัญและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตว่ามีทั้งความหลากหลายและความคล้ายคลึงกัน และใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแนวทางที่เป็นวิทยาศาสตร์เพื่อจุดประสงค์ของตนเองและสังคม (AAAS, 1990)

National Science Education Standards ให้นิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้อย่างละเอียดว่า การรู้วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ความเข้าใจแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่ต้องการสำหรับบุคคลเพื่อช่วยในการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมในชุมชน วัฒนธรรมและทางเศรษฐกิจ บุคคลสามารถ ถาม ค้นคว้า หรือระบุคำตอบ จากคำถามที่มาจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งหมายถึงบุคคลมีความสามารถในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ สามารถอ่านและเข้าใจบทความที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ในสื่อที่มีชื่อเสียงและมีส่วนร่วมในการถกถียงในสังคมเกี่ยวกับความน่าเชื่อถือของข้อสรุปต่างๆ การรู้วิทยาศาสตร์ยังรวมถึงบุคคลที่สามารถระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของการตัดสินใจที่มีจุดยืนอยู่บนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คนที่รู้วิทยาศาสตร์สามารถที่จะประเมินค่าข้อมูลทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของแหล่งที่มาและการสร้างข้อมูลนั้น (National Science Education Standards, 1996)

Hong-Kong Curriculum Development Council (HKCDC) ซึ่งเป็นองค์กรที่พัฒนาหลักสูตรในฮ่องกงก็ให้ความสำคัญกับการรู้วิทยาศาสตร์ของประชากรเช่นกัน โดยให้คำจำกัดความของการรู้วิทยาศาสตร์ว่า “การตัดสินใจ บนพื้นฐานของข้อมูลและการถกเถียงเกี่ยวกับ วิทยาศาสตร์ ศีลธรรม เศรษฐกิจ การเมือง และสังคม และสนับสนุนการตัดสินที่มีคุณค่าเหมาะสมและเกี่ยวข้องกับความรู้และความจริงทางวิทยาศาสตร์” (HKCDC, 1998 cited in Lee, 2007)

Programme for International Student Assessment (PISA) โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA ของ องค์เพื่อการพัฒนาและร่วมมือทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation and Development) หรือ OECD ซึ่งใช้ผลการศึกษาเป็นตัวชี้วัดแนวโน้มการพัฒนา โดย PISA ประเมินการรู้เรื่อง (Literacy) เพียงสามด้าน คือ การอ่าน คณิตศาสตร์ และ วิทยาศาสตร์ โดยดูว่าประเทศได้ให้การศึกษาเพื่อเตรียมนักเรียนให้เป็นประชากรที่มีคุณภาพในสังคมหรือไม่เพียงใด ก็ได้ให้คำนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “ความสามารถที่จะนำความรู้วิทยาศาสตร์ไปใช้ในการถามคำถาม ค้นหา และบ่งชี้คำตอบของคำถาม ซึ่งคำถามนี้เกิดจากความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มีความเข้าใจบ่งชี้ประเด็นทางวิทยาศาสตร์และสามารถตัดสินใจได้เกี่ยวกับประเด็นนั้นๆ สามารถโต้แย้งและประเมินข้อโต้แย้งโดยอาศัยพยานหลักฐานและสามารถนำเอาข้อสรุปจากการโต้แย้งมาใช้ได้อย่างเหมาะสม” (สุนีย์ คล้ายนิล, 2549)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประเทศไทยของเราเองก็ให้ความสำคัญกับการรู้วิทยาศาสตร์ของคนประชาชนชาวไทยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้มีการนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดหลัก หลักการพื้นฐานและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีจิตวิทยาศาสตร์นั่นคือ ความสนใจใฝ่รู้ ความมุ่งมั่น อดทน รอบคอบ ความรับผิดชอบ ความซื่อสัตย์ประหยัด การร่วมแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์ สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันและสื่อสารสู่ผู้อื่นได้” (สสวท., 2545)

จากนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหรือสถาบันที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ศึกษา ได้กล่าวมาเกี่ยวกับ นิยามและลักษณะของ การรู้วิทยาศาสตร์ จึงอาจสรุปได้ว่าการรู้วิทยาศาสตร์ นั้นประกอบด้วยกัน 3 ด้าน ก็คือ 1. ด้านความรู้ (Knowledge) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และการมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) หมายถึง

สามารถอธิบายและยกตัวอย่างได้ และการเชื่อมโยงและนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถวัดและประเมินค่า สาระความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสื่อต่างๆ ได้อย่างมีวิจารณญาณ สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อสังคม มีความตระหนักและมีส่วนร่วมในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Nature of Science) หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิเช่น องค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์นั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ วิทยาศาสตร์ไม่สามารถหาคำตอบที่สมบูรณ์ได้ในทุกๆ คำถาม วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานยืนยัน วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและทำนายสิ่งต่างๆ ได้ และวิทยาศาสตร์คือกิจกรรมที่ซับซ้อนทางสังคม

โดย Karen Murcia ได้สร้างกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นดังเกลียวเชือกที่มีเส้นเชือกเล็ก 3 เส้นพันรวมกันอยู่ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ของ Karen Murcia

2. ระดับการรู้วิทยาศาสตร์

Bybee (1997) และ The BSCS (BSCS, 1993 cited in Shwartz *et al.*, 2006) ได้เสนอทฤษฎีที่เหมาะสมและคลอบคลุมในการประเมินการรู้ทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนซึ่งมีลำดับขั้นที่เข้าใจง่ายสามารถนำไปสู่การจัดการเรียนการสอนได้ ดังนี้

1. Scientific illiteracy ผู้เรียนไม่สามารถที่จะสร้างความสัมพันธ์ หรือตอบสนอง หรือให้เหตุผลเกี่ยวกับคำถามทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีความสามารถในการที่จะอธิบาย ให้เหตุผลหรือข้อคิดเห็นต่อคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

2. Nominal Scientific and Technological literacy ผู้เรียนสามารถระบุสิ่งที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั่วๆไปได้ แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ระบุหรือบ่งชี้นั้นอาจมีความผิดพลาด คลาดเคลื่อน หรือมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง ใช้คำศัพท์อธิบายแบบง่ายๆ มีการใช้คำศัพท์บอกความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือคำศัพท์ที่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปเพียงเล็กน้อย นักเรียนเพียงแค่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในคำศัพท์ แต่ไม่ได้เกิดจากความเข้าใจที่แท้จริง

สรุปลักษณะของผู้เรียนที่รู้วิทยาศาสตร์ในระดับ Nominal Scientific literacy

- ระบุเทอม คำถามที่เป็นวิทยาศาสตร์

- แสดงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน อธิบายไม่ชัดเจน แสดงถึงความเข้าใจเพียงเล็กน้อย

3. Functional Scientific and Technological literacy ผู้เรียนสามารถใช้คำศัพท์ที่ถูกต้องและเหมาะสมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้เรียนสามารถเข้าถึงการรู้วิทยาศาสตร์ในขั้นที่เป็นที่เข้าใจได้โดยทั่วไป นั่นคือผู้เรียนสามารถอ่านและเขียนบทความโดยใช้คำศัพท์ง่ายๆ ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดหรือความรู้ในระดับที่ใหญ่กว่า เช่น พันธุกรรมนั้นมีความหลากหลายตามแต่ละสปีชีส์ และสปีชีส์ ก็มีความหลากหลายไปตามวิวัฒนาการ แต่ความเข้าใจนี้ยังอยู่ในลักษณะที่จำเพาะและเป็นการเข้าใจในลักษณะของการจำคำศัพท์

สรุปลักษณะของผู้เรียนที่รู้วิทยาศาสตร์ในระดับ Functional Scientific literacy

- ใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ อธิบายเทอมต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

- จำได้ในสิ่งที่สำคัญๆ เข้าใจเพียงแค่ลักษณะเฉพาะ

4. Conceptual and Procedural Scientific and Technological literacy ผู้เรียนเข้าใจว่าแนวคิดต่างๆ ของเรื่องหนึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องอื่นๆในส่วนที่เป็นวิธีการหรือกระบวนการของการสืบเสาะ เช่น ทางชีววิทยา วิวัฒนาการเป็นแนวคิดที่หนึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับ สาขาหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน (Energetic), ความต่อเนื่องทางพันธุกรรม (genetic continuity) และ

โครงสร้างและหน้าที่ ผู้เรียนมีความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสามารถหาแนวทางในการอธิบายใหม่ๆ หรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ในความเข้าใจระดับนี้ผู้เรียนจะต้องเข้าใจโครงสร้างของวิชาและกระบวนการในการพัฒนาความรู้และทักษะใหม่ๆ ได้

สรุปลักษณะของผู้เรียนที่รู้วิทยาศาสตร์ในระดับ Conceptual Scientific literacy

- เข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

- เข้าใจการเกิดขึ้นของหลักการ สาขาวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

5. Multidimensional Scientific and Technological literacy ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจโครงสร้างของแนวคิดสำคัญทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสมบูรณ์มากที่สุด ตัวอย่างเช่น ประวัติศาสตร์และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การรู้วิทยาศาสตร์ในระดับนี้คือ ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และรวมไปถึงแนวคิดที่นอกเหนือจากความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ หลักปรัชญา ประวัติศาสตร์ และมิติทางสังคมของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนจะพัฒนาความเข้าใจ และความรู้คุณค่าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะ พวกเขาจะเริ่มสร้างความเชื่อมโยงของสาขาวิชาต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์และความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสังคม

สรุปลักษณะของผู้เรียนที่รู้วิทยาศาสตร์ในระดับ Multidimensional Scientific literacy

- เข้าใจจุดยืนของวิทยาศาสตร์ระหว่างสาขาวิชาอื่นๆ รู้ประวัติของวิทยาศาสตร์

- รู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม

3. การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

Kolsto (2001) ได้เสนอหัวข้อสำคัญในการจัดการหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ควรคำนึงถึงไว้4 หัวข้อคือ (Kolsto, 2001 cited in Hodson, 2006)

1. วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการทางสังคม

2. วิทยาศาสตร์มีข้อจำกัด

3. คุณค่าของวิทยาศาสตร์

4. การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

แนวทางนี้แนวทางที่ดีที่จะเริ่มกระบวนการในการพัฒนาความรู้ ทักษะ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งสามารถทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นทางสังคมที่มีอิทธิพลต่อชีวิตของพวกเขา โดยจะเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ช่วยให้พวกเขาตัดสินใจอย่างชาญฉลาด (Thomas and Durant, 1987 cited in Hodson, 2006) ซึ่งในปัจจุบันมีวิกฤตการณ์มากมาย เช่น ความยากจน ความไม่เป็นธรรมในสังคม การก่อการร้าย สงคราม รวมทั้งปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของโลก เช่น ชั้นโอโซนที่ถูกทำลาย ภาวะโลกร้อน มลพิษทางอากาศและน้ำ การตัดไม้ทำลายป่าเป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงและเพิ่มระดับการรู้วิทยาศาสตร์ให้กับประชากรของโลก ดังที่ Hodson (2006) กล่าวว่า “การนำคำนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์มาใช้ในการออกแบบและใช้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์นั้นเป็นรากฐานที่ดีของการเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์” ดังนั้นหลักสูตรวิทยาศาสตร์จึงควรประกอบด้วย (Hodson, 2006)

1. ความสัมพันธ์ระหว่าง การสังเกตและทฤษฎี

2. บทบาทและสถานะของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมถึงกระบวนการในการสร้างทฤษฎีและโมเดล ทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ

3. การสืบเสาะหาความรู้ซึ่งรวมถึงการทดลอง การหาความสัมพันธ์ การลองผิดลองถูก

4. ประวัติของการพัฒนาแนวคิดสำคัญๆ ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์

5. วัฒนธรรมทางสังคมของวิทยาศาสตร์และปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม

6. วิถีทางที่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รับการยอมรับเมื่อผ่านการวิพากษ์วิจารณ์

7. ประเด็นทางจริยธรรมและศีลธรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

8. อคติ การหลอกลวง และการนำไปใช้อย่างไม่ถูกต้องของวิทยาศาสตร์

9. ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับความรู้พื้นเมืองดั้งเดิม

องค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้อาจปรากฏในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างในหนังสือเรียน กิจกรรมการทดลอง หรือแม้กระทั่งมุมมองของครูเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน แต่มักไม่ถูกนำมาใช้จึงเป็นเหมือนส่วนที่แอบซ่อนอยู่ของหลักสูตร(Hidden curriculum) (Hodson, 2006)

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. ความหมายและความสำคัญของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ยังไม่มีความหมายที่ชัดเจนและสมบูรณ์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษา นักปรัชญา นักวิทยาศาสตร์ นักประวัติศาสตร์ ก็ไม่ได้มีการให้ความหมายที่ตรงกัน (Promkatkeaw, 2007; Irez, 2006) แต่ก็มีผู้ที่ให้ความหมายไว้ดังนี้

McComas (2000) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ “ธรรมชาติวิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานการศึกษาทางสังคมของวิทยาศาสตร์ในหลายด้านทั้งทางด้านประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ประกอบกับการวิจัยทาง Cognitive Science เพื่ออธิบายว่า วิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำงานแบบเป็นกลุ่มสังคมอย่างไร และสังคมปฏิสัมพันธ์อย่างไรต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์”

Lederman *et al.* (2002) ได้เสนอความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ McComas ว่า ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป็นการอ้างถึงญาณวิทยาและสังคมวิทยา

ของวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์หนทางแห่งความรู้ หรือค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้และพัฒนาการขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ปริณดา ลิมปานนท์ (2547) กล่าวว่า ธรรมชาติวิทยาศาสตร์ คือ การอ้างอิงถึง 1.ญาณวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการพัฒนาความรู้ 2. สังคมวิทยาทางวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานแบบกลุ่มสังคมของนักวิทยาศาสตร์และความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์และสังคม 3. ค่านิยมและความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ ซึ่งการศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ต้องมีการผสมผสานระหว่างประวัติการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สังคมวิทยา จิตวิทยา และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การศึกษาธรรมชาติวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ในด้านการช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์เนื่องจากเป็นพื้นฐานในการพิจารณาว่านักเรียนควรเรียนสิ่งใดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

สสวท. (2545) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (scientific process) ในการสืบเสาะหาความรู้ (scientific inquiry) การแก้ปัญหาโดยผ่านการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ (investigation) การศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบและการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา ความรู้กระบวนการดังกล่าวมีการถ่ายทอดต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนาน

Promkatkeaw T. (2007) ได้ให้ความหมายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คุณค่าและข้อตกลงเบื้องต้นที่มีความสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ซึ่งมีการอธิบายและบรรยายว่าวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไรและแตกต่างจากศาสตร์อื่นอย่างไร อะไรที่นักวิทยาศาสตร์ได้ทำในสังคมในอดีตของวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างไรกับสังคม

2. ขอบข่ายธรรมชาติวิทยาศาสตร์

AAAS (1990) ได้อธิบายขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ใน 3 เรื่องคือ

1. โลกทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หรือทัศนะโดยทั่วไปเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ (The Scientific World View) หมายถึง การที่นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อและทัศนคติเกี่ยวกับการทำงานที่เกี่ยวข้อง

กับธรรมชาติของโลกและวิธีการเรียนรู้เกี่ยวกับความเป็นไปของธรรมชาติ โดยแบ่งประเด็นการพิจารณา ดังนี้

1.1 โลกเป็นเรื่องที่สามารถเข้าใจได้ (The World is understandable) หมายถึง การที่นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้สติปัญญา เครื่องมือ และการทำงานอย่างเป็นระบบ เพื่อนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปอธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ (Scientific ideas are subject to change) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ทั้งนี้เพราะเราอาจอธิบายความรู้นั้นได้ชัดเจนขึ้น หรือปรับเปลี่ยนความรู้นั้นจากที่คลาดเคลื่อนให้ถูกต้องหรืออาจเลิกล้มความรู้นั้นไป ทั้งนี้เป็นผลมาจากประสาทสัมผัสที่ขยายขอบเขตในการรับรู้ข้อมูลต่างๆ ได้มากขึ้นตาม พยานหลักฐาน เครื่องมือ และสถานการณ์ที่ปรากฏใหม่

1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือความคงทน (Scientific knowledge is durable) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ตรงกัน และมีการค้นคว้าทดลองพิสูจน์ต่อเนื่องกันมาทำให้มีการขยายขอบเขตของความรู้เพิ่มขึ้น

1.4 วิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกอย่าง (Science cannot provide complete answers to all questions) หมายถึง วิทยาศาสตร์ไม่สามารถอธิบายเหตุการณ์ปรากฏการณ์ ความเชื่อหรือ สิ่งเหนือธรรมชาติได้ทั้งหมด

2. การเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) หมายถึง การอธิบายสิ่งต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐาน สมมติฐาน ทฤษฎี และเหตุผล การแสวงหาข้อมูล เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นวิธีการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ข้อมูลที่ได้มาโดยวิธีการทดลองมีทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ นอกจากนี้การค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการแลกเปลี่ยนเทคนิควิธีการ ข้อมูล แนวคิดของบรรดานักวิทยาศาสตร์ ทำให้เกิดความเข้าใจระหว่างกันและกันในการแสวงหาข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง(Scientifically valid) ลักษณะประเด็นการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

2.1 วิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานเพื่อยืนยันในความรู้(Science demands evidence) หมายถึง ในการทำงานทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ประสาทสัมผัส หลักฐานที่ต้องใช้ในการสังเกต โดยอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ เป็นสิ่งจำเป็น และเป็นสิ่งที่เพิ่มคุณค่าในงานทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้สนใจสามารถตรวจสอบ หรือค้นคว้าขยายขอบเขตขององค์ความรู้ต่อไปได้

2.2 วิทยาศาสตร์เป็นการผสมผสานของตรรกะ และจินตนาการ (Science Is a blend of logic and imagination) เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ สมมติฐาน และทฤษฎีเป็นความรู้ที่อาศัยหลักของเหตุผล หรือตรรกะเข้ามาเกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังต้องอาศัยความคิดจินตนาการประกอบเหตุและผลนั้น และมีการทดสอบความรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าวเพื่อนำไปสู่การค้นคว้าและเป็นแนวทางในการได้ความรู้ที่เป็นที่ยอมรับ

2.3 วิทยาศาสตร์สามารถอธิบายและทำนาย (Science explains and predicts) หมายถึง วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โดยอาศัยวิธีการ หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายเป็นผลให้วิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือ ได้รับการยอมรับ

2.4 นักวิทยาศาสตร์พยายามให้นิยามและหลีกเลี่ยงความลำเอียง (Scientists try to identity and avoid bias) นักวิทยาศาสตร์พยายามระบุความหมายของสิ่งต่าง ๆ ให้ชัดเจนโดยปราศจากอคติหรือความลำเอียง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงทำงานเป็นกลุ่มเป็นทีม หาคำตอบในเรื่องเดียวกันหลาย ๆ องค์การ เพื่อยืนยันคำตอบนั้น ความลำเอียงอาจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น จากเครื่องมือ จากการสรุปข้อมูล การจดบันทึก

2.5 วิทยาศาสตร์ไม่ใช่การเชื่อผู้มีอำนาจ (Science is not authoritarian) นักวิทยาศาสตร์มีความคิดของตนเอง และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการพิสูจน์ตรวจสอบจึงไม่ใช่การเชื่อจากผู้มีอำนาจหรือจากคำบอกเล่า

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (The Scientific Enterprise) หมายถึง กิจกรรมและลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่

3.1 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน (Science is complex social activity) จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์มีข้อตกลงเกี่ยวกับ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการทดลองที่ต้องมีหลักฐาน นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับจรรยาบรรณทางวิทยาศาสตร์ กิจการทางวิทยาศาสตร์ยังต้องเผยแพร่ผลงานกับกลุ่มหรือที่ประชุมตามสถาบันต่าง ๆ

3.2 วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับวิชาการ และสถาบันอื่น ๆ เพราะการเชื่อมโยงเป็นการเรียนรู้ตามธรรมชาติ หรือจากธรรมชาติแบบหนึ่ง (Science Is Organized Into Content Disciplines and Is Conducted in Various Institutions) เช่น ในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ การเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.3 การทำงานทางวิทยาศาสตร์ต้องมีจรรยาบรรณ (There Are Generally Accepted Ethical Principles in the Conduct of Science) จริยธรรมที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเพราะแต่ละขั้นตอนต้องถูกต้องแม่นยำเช่น การเก็บข้อมูล การจดบันทึก

3.4 นักวิทยาศาสตร์มีผลงานแสดงต่อสาธารณะ (Scientists Participate in Public Affairs Both as Specialists and as Citizens) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักวิทยาศาสตร์ต้องการเสนอแนวคิด ผลงาน นวัตกรรม หรือเป็นความคาดหวังของมวลชน ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงต้องมีความรับผิดชอบต่อผลงานของเขากับมวลชนที่เขาอยู่

Lederman *et al.* (2002) ได้อธิบายขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. หลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Empirical Nature of Scientific Knowledge) หมายถึง วิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งสามารถขยายขอบเขตของการสังเกตโดยการสร้างเครื่องมือขึ้น เพื่อช่วยขยายขอบเขตในการสังเกตได้โดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

2. การสังเกต การลงข้อสรุป และการประกอบกันเป็นทฤษฎีในวิทยาศาสตร์ (Observation, Inference, and Theoretical Entities in Science) หมายถึง การสังเกตและการลงข้อสรุปมีความแตกต่างกัน การสังเกตคือการบรรยายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่ได้จากการสังเกตโดยตรง เช่น การปล่อยวัตถุตกลงสู่พื้น แต่การลงข้อสรุปไม่ได้จากการสังเกตโดยตรง เช่น การที่วัตถุตกลงสู่พื้นเป็น

เพราะแรงโน้มถ่วงของโลก การที่เข้าใจความแตกต่างของทั้งสองสิ่งจะทำให้เข้าใจ ข้อสรุปต่างๆ ทฤษฎีต่างๆที่มีอยู่ในวิทยาศาสตร์

3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Theories and Laws)

4. ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Creative and Imaginative Nature of Scientific Knowledge)

5. ทฤษฎีที่มีอยู่ในธรรมชาติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Theory-Laden Nature of Scientific Knowledge Knowledge)

6. การมีอยู่ของสังคมและวัฒนธรรมของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Social and Cultural Embeddedness of Scientific Knowledge)

7. ประวัติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Myth of the Scientific Method)

8. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นจริงชั่วคราว (The Tentative Nature of Scientific Knowledge)

สสวท. (2545) ได้กล่าวถึงขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Knowledge) ครอบคลุมถึงความเชื่อและเจตคติที่นักวิทยาศาสตร์มีต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น เชื่อว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้ ความรู้เป็นความจริงที่มีความคงทนแต่ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้เพราะความจริงที่มีอยู่แล้วอาจไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ๆได้

2. กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ครอบคลุมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการค้นคว้าและสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเข้าใจถึงความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ที่จะหาหลักฐานโดยใช้เหตุผลและจินตนาการ ทำการทดลอง อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มาสนับสนุนแนวคิดของตนเองโดยพยายามหลีกเลี่ยงอคติและเป็นอิสระจากผู้มีอำนาจ

3. กิจการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) เป็นความเข้าใจเกี่ยวกับพัฒนาการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งดำเนินไปภายใต้สภาพสังคมที่ซับซ้อนทั้งในอดีตและปัจจุบัน เช่น การใช้ความรู้จากหลายสาขาวิชามาพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์เรื่องใดเรื่องหนึ่ง การร่วมมือกันระหว่างบุคคล องค์กร และสถาบัน เพื่อการพัฒนา

McComas *et al.* (2000) ได้สรุปขอบข่ายจากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ศึกษาไว้ดังนี้

1. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่ก็มีความคงทน

2. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อยู่บนพื้นฐานของการสังเกต การทดลอง หลักฐาน การโต้แย้งความสงสัย

3. ไม่มีวิธีที่แน่นอนในการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับ

4. วิทยาศาสตร์พยายามที่จะอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

5. กฎและทฤษฎีมีบทบาทต่างกันในวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีจะไม่กลายไปเป็นกฎแม้ว่าจะมีหลักฐานที่มาสนับสนุน

6. ประชาชนทุกคนจากหลายๆวัฒนธรรมมีส่วนในการสร้างวิทยาศาสตร์

7. ความรู้ใหม่จำเป็นต้องมีการรายงานที่ชัดเจนและเปิดเผย

8. นักวิทยาศาสตร์มีการเก็บข้อมูลที่แม่นยำ มีการตรวจสอบระหว่างนักวิทยาศาสตร์ด้วยกัน สามารถตรวจสอบได้

9. การสังเกตจะมีทฤษฎีที่ซ่อนอยู่เบื้องหลัง

10. ประวัติศาสตร์ของวิทยาศาสตร์แสดงให้เห็นถึงการวิวัฒนาการและการปฏิวัติ

11. วิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของสังคมและวัฒนธรรม

12. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อสิ่งอื่นๆ

13. ความคิดทางวิทยาศาสตร์มีผลต่อสังคมและประวัติศาสตร์

McComas (2004) ได้ให้ขอบข่ายซึ่งได้จากการวิเคราะห์จากหลักสูตรระดับอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาไว้ดังนี้

1. การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องมีหลักฐานเชิงประจักษ์

2. การสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีปัจจัยร่วมกันและมีจิตวิทยาศาสตร์ มาตรฐาน การคิดเชิงเหตุผล กระบวนการ เช่น การสังเกต การบันทึกข้อมูล ความน่าเชื่อถือในการรายงาน โดยมีหลักการดังนี้

2.1 วิธีการทดลองไม่ใช่เป็นเพียงหนทางเดียวที่จะนำไปสู่ความรู้

2.2 วิทยาศาสตร์มีการใช้ทั้งเหตุผลแบบ inductive และ deductive ในการตรวจสอบ

2.3 วิทยาศาสตร์มีการพัฒนามาจากวิทยาศาสตร์ปกติ (normal science) และการปฏิวัติ

3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นจริงชั่วคราว มีความมั่นคงในตัวเอง

4. กฎและทฤษฎีมีความสัมพันธ์กันแต่มีความแตกต่างกันในชนิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สมมติฐานมีความพิเศษ แต่ก็เป็นชนิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์เช่นกัน

5. วิทยาศาสตร์มีการใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นองค์ประกอบ

6. วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีองค์ประกอบอยู่ในตัวมันเอง ความคิด และ การสังเกตในทางวิทยาศาสตร์จะมีทฤษฎีอยู่เบื้องหลัง ซึ่งอาจทำให้เกิดอคติในการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

7. ประวัติศาสตร์ วัฒนธรรม สังคมมีผลต่อการทำงานโดยตรงของวิทยาศาสตร์

8. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีผลซึ่งกันและกันแต่ทั้งสองสิ่งนี้ไม่ใช่สิ่งเดียวกัน

9. วิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบคำถามได้ทุกคำถาม

Richard Carrier (2001) ได้ให้ขอบข่ายจากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ศึกษาไว้ 7 ด้าน ดังนี้

1. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Science is a Tentative Enterprise)

คนทั่วไปมักมีความเข้าใจผิดว่า องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆ เพราะเชื่อว่า องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นถือเป็นข้อเท็จจริงที่เป็นสากล แต่ความเป็นจริงแล้ว องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่ผลผลิตของการตัดสินของแต่ละบุคคล ซึ่งก็หมายความว่า แต่ละบุคคลจะต้องมีการอธิบายเหตุผลต่างๆ เพื่อปกป้องข้อสรุปของตนเองให้กับผู้อื่นได้ทราบ ภายใต้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานที่มีเหตุผลและสามารถสนับสนุนข้อสรุปนั้นๆได้ นอกจากนี้คนทั่วไป ก็มักมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากเกิดความสับสนเกี่ยวกับความหมายของคำว่า ความเป็นปรนัย (Objective) และความเป็นสากล (Universal) ซึ่งคำสองคำนี้ถือได้ว่าเป็นคำที่สำคัญและแสดงถึงความเป็นวิทยาศาสตร์ โดยในความเป็นจริงแล้ว คำว่า ความเป็นปรนัย ในทางวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง การเป็นที่ยอมรับของทุกคน ดังนั้น หากพูดถึงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเป็นปรนัย ก็จะหมายถึง สิ่งนั้นจะต้องได้รับการเห็นด้วยจากหมู่นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานและเชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ ส่วนคำว่าความเป็นสากล ในทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่สามารถจะประยุกต์ใช้ได้กับทุกคน แต่อย่างไรก็ตามก็เป็นสิ่งที่ไม่ใช่ความจริงแท้ที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ซึ่งคนทั่วไป มักมีความเข้าใจผิดกับจุดนี้ว่า วิทยาศาสตร์ต้องเป็นข้อเท็จจริง ที่แน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลง ปราศจากการตัดสินในแต่ละบุคคล ฉะนั้นองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงมีความเป็นอัตนัยสูง (Subjective) การที่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องพึ่งการตัดสินของบุคคล เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีแต่ละตัวบุคคลอธิบายจูงใจผู้อื่นด้วยเหตุผลที่น่าฟัง ประกอบกับมีหลักฐานยืนยันสนับสนุนข้อมูลของตน จนทำให้คนเหล่านั้นซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆเกิดความเชื่อถือ และยอมรับ รวมทั้งประกาศว่า องค์ความรู้เหล่านั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้องได้ด้วยเหตุนี้อาจทำให้คนส่วนหนึ่งไม่อาจศรัทธาในความเป็นวิทยาศาสตร์ เนื่องจากคิดว่าในเมื่อองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นความ

จริงชั่วคราว มันก็ดูจะเสี่ยงเกินไปที่จะปักใจเชื่อ และมีความจำเป็นแค่ไหนที่นักวิทยาศาสตร์จะทุ่มเท ใช้มานะพยายามค้นหา ในเมื่อไม่ช้าข้อความรู้เหล่านั้นก็จะเปลี่ยนแปลงไปเองไม่ช้าก็เร็ว นักวิทยาศาสตร์กำลังจะเดินทางไปสู่อะไร ข้อคำถามเหล่านี้ยังคงเป็นประเด็นทางปรัชญาที่ชวนคิด แต่สำหรับในทางวิทยาศาสตร์ศึกษานั้นเราเชื่อว่า นักวิทยาศาสตร์กำลังเดินทางไปสู่ความรู้ที่มีความคงทนมากขึ้นเรื่อย ๆ (Durable body of knowledge) ประวัติศาสตร์วิทยาศาสตร์ อาทิ การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ สามารถยืนยันเรื่องนี้ได้ดี แม้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงได้ แต่ก็ไม่ได้เปลี่ยนไปได้อย่างง่ายดายเหมือนกับแฟชั่น ไม่เกิดขึ้นได้โดยฉับพลับ แต่วิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงข้อสรุปอะไรได้ ต้องมีการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุมีผล มีการสังเกต และมีการทดลองเพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถหักล้างข้อมูลเดิมได้ แม้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะไม่ได้เป็นข้อสรุปสุดท้าย แต่บุคคลก็สามารถที่จะไว้วางใจและเชื่อถือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมากแม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความเป็นพลวัตร แต่มนุษย์ก็ได้ตักตวงประโยชน์จากการประยุกต์ความรู้เหล่านั้นอย่างมากมายมหาศาล กล่าวอีกนัยหนึ่งแม้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะไม่ถูกต้องทั้งหมดร้อยเปอร์เซ็นต์ ในแง่ของทฤษฎี แต่ก็ถือได้ว่าถูกต้องในแง่ของการปฏิบัติ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เจริญงอกงามสู่ข้อเท็จจริงนั่นเอง และออกห่างจากความผิดพลาด ซึ่งสิ่งที่จะเกิดขึ้นนี้จะเป็นไปไม่ได้เลยหากไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงเองก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หากนักวิทยาศาสตร์ไม่เกิดความสงสัย หรือมีการวิพากษ์วิจารณ์สิ่งที่เกิดขึ้น (Skepticism) ความเป็นวิทยาศาสตร์ได้สร้างมาตรฐานไว้สูงมาก เพราะข้อมูลต่างๆทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้อง (Verification) ซึ่งคนที่จะมาสำรวจตรวจสอบได้ ก็ต้องมีประสบการณ์และผ่านการอบรมหรือฝึกฝนในด้านนั้นๆ มาเป็นอย่างดี ทำให้สิ่งที่ผ่านการตรวจสอบจากบุคคลเหล่านี้ ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความเป็นวิทยาศาสตร์สูง นอกจากนี้ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นสาธารณะ เพราะต้องให้ทั้งผู้ที่มีความเชี่ยวชาญและบุคคลทั่วไปสามารถตรวจสอบและชั่งน้ำหนักความถูกต้องจากข้ออ้างต่างๆของนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยสาขาอื่นๆ อาจยังไม่ได้เปิดโอกาสให้ทำได้มากเท่านี้ ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นการตรวจสอบที่มีประสิทธิภาพอย่างมาก และเป็นการป้องกันความเป็นอคติที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทกตัวมนุษย์

2. วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ (Science is an Empirical “Faith”)

แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (naive)ของคนทั่วไป มักมีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์นั้นใช้ข้อเท็จจริง (Facts) ในการพิสูจน์ความจริงของข้ออ้าง แต่ในความเป็นจริงแล้ว การพิสูจน์ในทางวิทยาศาสตร์ (Scientific proofs) ไม่เหมือนกับการพิสูจน์ในเชิงของตรรกะ การพิสูจน์ในทาง

วิทยาศาสตร์ จะต้องใช้เหตุและผลในสองรูปแบบ คือ การอุปนัย(Inductive) และการนิรนัย (deductive) โดยจะใช้ควบคู่กันในการพิสูจน์เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้การอุปนัย ซึ่งการอุปนัยนั้นก็หมายถึง การที่นักวิทยาศาสตร์เข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลในธรรมชาติและสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆในภายหลัง วิทยาศาสตร์ใช้การสังเกตโดยตรง (pain observation) หรือการมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ก็พบว่าบ่อยครั้งว่า วิทยาศาสตร์ต้องพยายามอธิบายปรากฏการณ์หลายอย่างที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ยกตัวอย่างเช่น สนามแม่เหล็กไฟฟ้า อนุภาคของวัตถุ เป็นต้น ดังนั้นวิทยาศาสตร์จะใช้การสังเกตโดยอ้อม (indirectly) การสังเกตโดยอ้อมก็นำไปสู่ข้ออ้างหรือข้อสรุปบางอย่างในทางวิทยาศาสตร์ได้ ทำให้ในทางวิทยาศาสตร์จึงมี “ตัวตนบางอย่างในทางทฤษฎี (theoretical entities)” อาทิ กลุ่มหมอกอิเล็กตรอน ซึ่งก็หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาจากหลักฐานโดยอ้อมนั่นเอง วิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการตีความ (interpretive) ไม่ใช่เพียงแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลและการนำเสนอข้อเท็จจริงเท่านั้น ในความเป็นจริงแล้ววิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการตีความของมนุษย์ ปรากฏการณ์บางอย่างในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถมองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตโดยอ้อม รวมถึงต้องอาศัยจินตนาการและการตีความของนักวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านั้นวิทยาศาสตร์จึงเป็นเรื่องขององค์ความรู้ในเชิงประจักษ์ และอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตที่มีหลักฐานประจักษ์พยาน ซึ่งอาจจัดหรือเรียกได้ว่านักวิทยาศาสตร์เป็นพวกประจักษ์นิยม (empiricism) และประจักษ์นิยมนี้ไม่ใช่เพียงแค่การสังเกตหรือมีหลักฐานเชิงประจักษ์เท่านั้น แต่มีความหมายว่า บางสิ่งบางอย่างที่นักวิทยาศาสตร์คิดหรือสร้างขึ้นมาเองในใจ จากข้อเท็จจริงที่เขาสามารถสังเกตได้ หรือที่เรียกว่า view of things that is constructed from observed facts และต่อมานักวิทยาศาสตร์ทุกคนจะต้องมีการสนับสนุนสิ่งที่เขาสร้างขึ้นมาด้วยหลักฐานในเชิงประจักษ์ (empirical evidence) เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าวิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์อยู่มาก โดยสรุปความศรัทธาที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ (empirically-based faith) ประกอบด้วยสองส่วน ส่วนแรก คือ ความเชื่อหรือข้ออ้าง และส่วนที่สอง คือ เหตุผลที่ใช้สนับสนุนข้ออ้างในทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ และจะมีเหตุผลหรือไม่นั้น ก็ต้องอาศัยการดูจากหลักฐานในเชิงประจักษ์นั่นเอง

3. วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว (Science is not a single method)

ความเข้าใจผิดของคนส่วนใหญ่มักจะคิดเองว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีเพียงวิธีการเดียวหรือสูตรเดียวเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้ก็เป็นวิธีการที่ทุกคนรู้จักกันมาเป็นอย่างดี และเป็นวิธีการที่มีมานานแล้ว รวมทั้งในปัจจุบันวิทยาศาสตร์ยังคงใช้วิธีการนี้กันอยู่ ซึ่งวิธีการที่กล่าวถึงนี้จะมีลักษณะเป็นลำดับขั้นตอนในรูปแบบที่แน่นอนตายตัว ได้แก่ 1. การบ่งชี้ปัญหา (indentifying a

problem) 2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (gathering relevant data) 3. การสร้างสมมติฐาน (formulating a hypothesis) 4. การตรวจสอบคำทำนายที่เกิดขึ้นจากสมมติฐานนั้นๆ (testing the predictions) แต่ในความเป็นจริงแล้ว วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้ได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลาย (multifarious) ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ทำการศึกษา วิธีการบางอย่างก็สามารถใช้ได้หลากหลายสาขา แต่วิธีการบางอย่างก็จำเพาะเจาะจงในสาขาใดสาขาหนึ่ง โดยวิธีการหนึ่งๆ จะต้องถูกตรวจสอบอย่างละเอียด โดยนักวิทยาศาสตร์สาขานั้นๆ และแน่นอนว่าสามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน หากพบว่าวิธีการนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ แม้ว่าเรื่องบางเรื่องจะจัดอยู่สาขาเดียวกัน ปัญหาเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนก็อาจมีวิธีการที่แตกต่างกัน เป็นไปได้ทีเดียวว่าพวกเขาเหล่านั้นจะได้มาซึ่งคำตอบเดียวกัน ซึ่งถือเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อค้นพบไปโดยปริยาย

4. การทดลองต้องมีเป้าหมายและถือเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกตทางวิทยาศาสตร์ (Experiments are a Goal-Oriented form of scientific observation)

ความเข้าใจผิดของคนทั่วไปเกี่ยวกับเรื่องนี้มี 3 ข้อ 1.วิทยาศาสตร์ต้องมีการทดลอง 2.นักวิทยาศาสตร์ไม่มีความคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาเป็นอย่างไร 3.การทดลองจะสามารถพิสูจน์ได้ว่าทฤษฎีเป็นจริง 1. วิทยาศาสตร์ต้องมีการทดลอง เป็นความเข้าใจผิด เพราะในความเป็นจริงแล้ว ความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างก็ได้มาจากการสังเกต เช่น ความรู้ทางด้านสัตววิทยา เนื่องจากสามารถใช้การสังเกตเพียงอย่างเดียวอย่างละเอียดถี่ถ้วนและเป็นระบบในการหาความรู้ นักสัตววิทยานี้ ยังพยายามหลีกเลี่ยงการปรากฏตัวหรือพยายามรบกวนธรรมชาติให้น้อยที่สุดเพื่อไม่ให้สัตว์มีพฤติกรรมผิดไปจากธรรมชาติ นักดาราศาสตร์ สังเกตปรากฏการณ์บนท้องฟ้าซ้ำไปซ้ำมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องไปทำการทดลองบนท้องฟ้า ก็สามารถสร้างองค์ความรู้ต่างๆ ได้อย่างมากมาย นักธรณีวิทยา พวกเขาไม่สามารถสร้างภูเขา หรือสามารถสร้างการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกในห้องทดลองได้ แต่เขาก็สามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ต่างๆ ได้ดี เพราะเขาตรวจสอบความถูกต้องจากพยานหลักฐานที่ได้จากการสังเกตธรรมชาติอย่างแท้จริงและเป็นเวลายาวนาน การทดลองทางวิทยาศาสตร์นั้นคืออะไร การทดลองทำหน้าที่ควบคุม (controlling) เราสามารถจัดกระทำเพื่อศึกษาดูผลของตัวแปรที่เราสนใจ การที่นักวิทยาศาสตร์ทดลองเพื่อทำการควบคุมตัวแปรว่าจะทำให้ได้สิ่งใด และส่งผลกระทบอย่างไร การทดลองมีประโยชน์ แต่ไม่ได้จำเป็นกับวิทยาศาสตร์ทุกสาขา เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หลายๆอย่างได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องมีการทดลอง 2.นักวิทยาศาสตร์ไม่มีความคาดหวังว่าผลการทดลองจะเป็นอย่างไร ในความเป็นจริงแล้วการทดลองในทางวิทยาศาสตร์เป็น

กระบวนการที่มีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย การที่จะทำการทดลองในระดับหนึ่งนั้น ผู้ทดลองมีความคาดหวังหรือกำลังมองหาบางสิ่งบางอย่างอยู่ในใจ การคาดหวังล่วงหน้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการที่จะออกแบบหรือการทำการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าแทบไม่มีการทดลองใด ที่จัดกระทำขึ้นโดยไม่มีวัตถุประสงค์ว่าจะศึกษาอะไร โดยสิ่งที่เป็นรูปธรรมอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีการคาดหวังนั้น ก็คือ การตั้งสมมติฐาน ซึ่งอาจได้มาจากประสบการณ์เดิม แนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นๆ ด้วยเหตุผลนี้ทำให้หลายคนคิดว่า ในเมื่อมีคำตอบไว้ในใจก่อนหน้าแล้วผลการทดลองจะทำให้นักวิทยาศาสตร์ตื่นเต้นได้อย่างไร ในความเป็นจริงนั้นการทดลองสามารถสร้างความตื่นเต้นให้กับนักวิทยาศาสตร์ได้ หากผลการทดลองไม่เป็นไปอย่างที่เขาคาดหวัง ซึ่งจุดนี้ทำให้เขาเกิดความประหลาดใจได้อย่างมาก สรุปก็คือ ไม่ว่าผลการทดลองจะเป็นไปตามผลที่คาดหวังหรือไม่ ก็ย่อมแสดงอย่างแน่ชัดว่าการทดลองทางวิทยาศาสตร์ต้องมีการคาดหวังผลการทดลองไว้ก่อนล่วงหน้าทั้งสิ้น การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ทำหน้าที่ในการควบคุมผล โดยการจัดกระทำตัวแปร ในสภาวะแวดล้อมอย่างใดอย่างหนึ่งอย่างมีเป้าหมาย อาจทำให้หลายคนเกิดความสงสัยว่า ถ้าเป็นเช่นนั้น ก็แสดงว่านักวิทยาศาสตร์พยายามพิสูจน์ตนเองว่า สิ่งที่ตนเองเชื่อนั้นเป็นสิ่งที่ถูกต้อง โดยพยายามจัดกระทำการทดลองขึ้นเพื่อยืนยันความเชื่อของตนว่า เป็นความจริง แต่ในความเป็นจริงแล้ว การทดลองจะได้ผลอย่างไรนั้นก็เป็นอิสระจากขั้วทางความคิดของนักวิทยาศาสตร์ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ผลการทดลองจะยังคงเป็นเช่นนั้นไม่ว่านักวิทยาศาสตร์จะเชื่อหรือมีความศรัทธาหรือไม่ก็ตาม3.การทดลองจะสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นเป็นความจริงแท้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นความเข้าใจผิดอย่างมาก การทดลองหลายครั้ง ก็ไม่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีว่าเป็นข้อเท็จจริงได้อย่างเพียงพอ แต่ถ้าพูดถึงทฤษฎีที่มีอยู่อย่างยาวนานและได้รับการยอมรับ ก็เพราะทฤษฎีนั้นผ่านการตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำเล่า โดยวิธีการหลากหลาย มีการเฝ้าสังเกตเพื่อตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายที่มีความเชี่ยวชาญอย่างสม่ำเสมอ ตรงจุดนี้เองแสดงได้ว่าเป็นการตรวจสอบความถูกต้อง ป้องกันความเป็นอคติของมนุษย์

5. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ (Science Theories are Explanation of Science Facts)

คนทั่วไปมักมีความเข้าใจผิดว่า ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ เป็นภาษาปราชญ์ หรือบางคนก็มองว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดของบุคคลใดบุคคลหนึ่งเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น คนอเมริกันมักพูดติดปากว่า“just a theory” ซึ่งแปลว่า “มันเป็นเพียงแค่ทฤษฎีเท่านั้น” ทำให้ทราบโดยนัยว่า พวกเขาเข้าใจทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแค่เพียงความคิดเพราะหากทฤษฎีถูกล้มล้างได้ง่าย มันคงไม่แตกต่างอะไรกับสมมติฐานหรือการคาดคะเนคำตอบ

โดยอาศัยประสบการณ์และเหตุผล นอกจากนี้คนทั่วไปมักเกิดความสับสน ระหว่างคำว่า ข้อเท็จจริง (facts) กับ ทฤษฎี (theory) ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์นั้น ข้อเท็จจริง คือ สิ่งที่เราสามารถสังเกตได้ ส่วนทฤษฎี คือ คำอธิบายของสิ่งที่เราสังเกต หรือคำอธิบายของข้อเท็จจริงเหล่านั้น โดยทฤษฎีบางทฤษฎีถูกยืนยัน และได้รับการยอมรับมาเป็นเวลานาน จนทำให้หลายคนคิดว่าทฤษฎีนั้นเป็นข้อเท็จจริง แต่ที่ถูกต้อง ทฤษฎีไม่ใช่ข้อเท็จจริง แต่เป็นคำอธิบายของข้อเท็จจริง เพราะเราไม่สามารถสังเกตทฤษฎีได้ แต่ทฤษฎีถูกสร้างจากสิ่งที่เห็น หน้าที่ที่แท้จริงของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต (guidance for further research) ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะสำคัญมากของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า มีองค์ความรู้ใหม่ๆที่เกิดขึ้นจากทฤษฎีวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีมานานถึง 150 ปีมาแล้ว ทฤษฎีวิวัฒนาการนี้ก็เป็นข้อมูลที่นำไปสู่การค้นพบข้อความรู้อื่นๆที่มากมายในเวลาต่อมา ซึ่งตรงกันข้ามกับทฤษฎี Creationism หรือทฤษฎีที่กล่าวว่า พระเจ้าสร้างโลก เพราะทฤษฎีนี้เป็นความเชื่อ และไม่ได้ให้แนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต ซึ่งที่ผ่านมาก็จะเห็นได้ว่าไม่มีความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นมาจากทฤษฎีนี้ ทฤษฎีจึงเป็นเส้นแบ่งกั้นระหว่างวิทยาศาสตร์แท้และวิทยาศาสตร์เทียม (Pseudoscience) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะถูกยืนยันโดยหลักฐานพยานต่างๆมาเป็นเวลานาน แต่ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะถ้าหากมีการตีความบนหลักฐานใหม่ หรือมีวิธีการ เทคนิค ในการศึกษาใหม่หรือความรู้ที่เกี่ยวข้อง เปลี่ยนแปลงไป ก็ส่งผลให้ทฤษฎีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ อาทิช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ ทฤษฎีถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นต้น

6. กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ (Scientific Laws are description of Nature‘s behavior)

คนทั่วไปมักเกิดความเข้าใจผิดว่า กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ ข้อเท็จจริงที่ผ่านการตรวจสอบมาแล้ว ฉะนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่ถูกต้องนั้น กฎทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับทฤษฎี สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการค้นพบข้อผิดพลาดในอดีต และค้นพบหลักฐานที่เป็นประจักษ์พยานใหม่ขึ้นมา กฎทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถประยุกต์ใช้ได้ภายใต้สภาวะการใดสภาวะการหนึ่งเท่านั้น เช่น กฎเทอร์โมไดนามิก ข้อที่ 2 จะประยุกต์ใช้ได้และเป็นจริง ก็ต่อเมื่ออยู่ในระบบปิด (closed thermal systems) หรือกฎเรื่องความเร็วแสง (Speed of light) นั้น ไม่ได้มีเพียงแค่ค่าใดค่าหนึ่ง เพราะมันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่าน ดังนั้นชนิดของตัวกลางจึงเป็นเงื่อนไขกำกับว่าแสงจะมีค่าเป็นเท่าใด ความเข้าใจผิดที่พบอีกอย่าง คือ การมองว่ากฎและทฤษฎีมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น เช่น กฎครั้งหนึ่งเคยเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทุกคน และได้ผ่านการตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นเวลานานว่าเป็นข้อเท็จจริง กล่าวอีกนัยหนึ่ง กฎ

เปลี่ยนมาจากทฤษฎี แต่ในความเป็นจริงแล้ว กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นเพียงการบรรยายหรือพรรณนาถึงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ในธรรมชาติว่าเป็นอย่างไรเท่านั้น แต่ในขณะที่ทฤษฎีเป็นคำอธิบายที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่เรามองเห็น จึงเห็นได้ว่าทั้งสองอย่างนี้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ความเข้าใจผิดที่พบมากในเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุ คือการที่ กฎของนิวตัน มักถูกประเมินคุณค่าให้ต่ำกว่าทฤษฎีสัมพันธภาพของไอสไตน์ ซึ่งความจริงแล้ว สองอย่างนี้ทำหน้าที่ต่างกัน เพราะทฤษฎีสัมพันธภาพของไอสไตน์ เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกฎของนิวตัน ในขณะที่นิวตันเองไม่ได้เสนอทฤษฎีอะไร เพื่ออธิบายพฤติกรรมแรงโน้มถ่วงของโลก เขาไม่ได้อธิบายว่า ทำไมแรงโน้มถ่วงของโลก จึงมีลักษณะเช่นนั้นเช่นนี้ สิ่งที่เขาทำคือ การบรรยายพฤติกรรมของมันว่าเป็นอย่างไร โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ ซึ่งกฎแรงโน้มถ่วงของโลกที่เขาได้มานั้น เกิดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลและมีการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นจำนวนมาก เพราะฉะนั้นแนวความคิดของไอสไตน์จึงเป็น ทฤษฎี และของนิวตันจึงเป็น กฎ

7. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ (Science is a creative enterprise)

บุคคลทั่วไปมักจะมีมุมมองว่า นักวิทยาศาสตร์เป็นพวกที่ไร้จินตนาการ หรือเป็นพวกอนุรักษ์นิยมที่ตาบอด ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ถูกต้อง บุคคลจำนวนไม่น้อยที่มีทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ในแง่ร้าย ยกตัวอย่างเช่น มองว่านักวิทยาศาสตร์ขี้สงสัยจนเกินไป หรือช่างวิพากษ์วิจารณ์จนเกินไป แต่ในความเป็นจริงแล้ว วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เต็มไปด้วยความสงสัย (full of wonder) ที่สวยงามหรือเป็นประโยชน์ ทำให้นำไปสู่การสร้างสรรค์ (Constructive) ในการสร้างองค์ความรู้ต่างๆได้ต่อไปมากกว่าการทำลาย (destructive) ความเข้าใจผิดอีกอย่างหนึ่ง พบว่า ถึงแม้ว่าจะมีบุคคลอีกหลายกลุ่มที่ยอมรับว่า กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ แต่พวกเขากลับคิดว่านักวิทยาศาสตร์จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพียงในช่วงต้นของการทำงานเท่านั้น ซึ่งความจริงแล้วกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ในทุกๆขั้นตอน ไม่ว่าจะเริ่มตั้งแต่การเก็บข้อมูลว่าควรทำอย่างไร จะวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไร การออกแบบการทดลอง และทำการทดลองอย่างไร ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น คำอธิบายในทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลองหรือตัวตนในเชิงทฤษฎี (Theoretical entities) นั้น แท้จริงแล้วเป็นการสร้างสรรค์ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการ (Imaginatively) และความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขา วิทยาศาสตร์จะก้าวหน้าได้นั้น นักวิทยาศาสตร์ต้องแต่งงานกับสามสิ่ง สิ่งแรก คือ แต่งงานกับความเหนือจริงหรือจินตนาการ (Fantasy) สิ่งที่สองคือ ต้องแต่งงานกับความอดทน ความเสียสละอุทิศเวลาของนักวิทยาศาสตร์ในการที่จะสำรวจตรวจสอบข้อมูลต่างๆ และสุดท้ายคือแต่งงานกับความมีเหตุและผล (reason and logic)

เทพกัญญา พรหมขัติแก้ว และคณะ (2550) ได้สรุปขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ที่ครูผู้สอนควรจะรู้ไว้ดังนี้

1. ความเข้าใจต่อความหมายของวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีความเป็นมาอย่างไร และแตกต่างจากศาสตร์อื่นๆอย่างไร

2. ความเข้าใจต่อกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่ากระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะและขั้นตอนอย่างไร มีปัจจัยใดบ้างที่เข้ามามีอิทธิพลต่อกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

3. ความเข้าใจต่อลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คืออะไรได้มาอย่างไรและมีลักษณะอย่างไร

4. ความเข้าใจต่อลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ เช่น รู้ว่านักวิทยาศาสตร์มีอุปนิสัยอย่างไรในการทำงานจนบรรลุผลสำเร็จ

5. ความเข้าใจต่อความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม เช่น รู้ว่าทั้งสามสิ่งนี้ มีอิทธิพลต่อกันอย่างไร

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอสรุปขอบข่ายของธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เป็น 7 ด้าน ตามแนวคิดของ Richard Carrier (2001) ได้ดังนี้

ด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Science is a Tentative Enterprise)

ด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ (Science is an Empirical “Faith”)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว (Science is not a single method)

ด้านที่ 4 การทดลองต้องมีเป้าหมายและถือเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกตทางวิทยาศาสตร์ (Experiments are a Goal-Oriented form of scientific observation)

ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ (Science Theories are Explanation of Science Facts)

ด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ (Scientific Laws are description of Nature‘s behavior)

ด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์(Science is a creative enterprise)

3. การวัดประเมินและการวิเคราะห์ธรรมชาติวิทยาศาสตร์

มีงานวิจัยจำนวนมากที่มีการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการวัดและประเมินธรรมชาติวิทยาศาสตร์ มีดังต่อไปนี้

เทพกัญญา พรหมขัติแก้ว และคณะ (2550) ได้ทำวิจัยเพื่อที่จะพัฒนาแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง สำหรับการศึกษาแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความเข้าใจต่อการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูประถมศึกษาช่วงชั้นที่ 1 โดยสร้างเครื่องมือ คือ แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ซึ่งเป็นการสัมภาษณ์โดยมีการกำหนดคำถามหลักขึ้นก่อนเพื่อเป็นแนวทางในการสัมภาษณ์โดยสามารถเพิ่มเติมหรือปรับเปลี่ยนคำถามได้ตามความเหมาะสมระหว่างการสัมภาษณ์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อคำถามดังต่อไปนี้

1. ตามความเข้าใจของท่าน วิทยาศาสตร์มีธรรมชาติหรือคุณลักษณะอย่างไรในประเด็นต่างๆต่อไปนี้

1.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์

1.2 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร

1.3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะอย่างไร

1.4 ประเภทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ข้อเท็จจริง มโนมติ กฎหรือหลักการ และทฤษฎี คืออะไร และแตกต่างกันอย่างไร

1.5 นักวิทยาศาสตร์ควรมีคุณลักษณะอะไรบ้าง

1.6 วิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยีและสังคมอย่างไร

โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ดังนี้ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผู้วิจัยทบทวนข้อสังเกตและปัญหาที่พบระหว่างการสัมภาษณ์และนำมาเขียนสรุปเป็นประเด็น

การวิเคราะห์แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และความเข้าใจต่อการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครู ผู้วิจัยถอดเทปเสียงบันทึกการสัมภาษณ์แล้ววิเคราะห์ส่วนประกอบ (Componential analysis) เพื่อจำแนก เปรียบเทียบ และสร้างข้อสรุปจากข้อมูลของครู โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลคำตอบของแต่ละคนมาจัดจำแนกโดยแบ่งเป็นกลุ่ม ดังนี้ 1) ข้อมูลทั่วไปของครูผู้ให้สัมภาษณ์ 2) แนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และ 3) การจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

2. จัดจำแนกข้อมูลคำตอบของแต่ละคนในกลุ่มแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 หัวข้อ ตามด้านหลักของแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

3. จัดจำแนกข้อมูลคำตอบของแต่ละคนในกลุ่มการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นหัวข้อย่อย

4. นำข้อมูลที่จัดจำแนกแล้วของทุกคนมาเปรียบเทียบกันทีละหัวข้อว่ามีลักษณะที่สอดคล้องตรงกันหรือแตกต่างกัน แล้วสร้างข้อสรุปจากข้อมูล

สิรินภา กิจเกื้อกูล และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้

เครื่องมือการวิจัยคือ การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างประกอบสถานการณ์ ทั้งหมดมี 3 สถานการณ์ โดยคัดเลือกเหตุการณ์เรื่องราวการค้นพบความรู้เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตจากบทความของ Benson ที่ครอบคลุมแนวคิดเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1. ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ โดยใช้คำถามว่า ทำไมความรู้วิทยาศาสตร์จึงมีการเปลี่ยนแปลง

2. ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน โดยใช้คำถามว่า ทำไมนักวิทยาศาสตร์ต้องทำการทดลอง

3. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมทางสังคมที่สลับซับซ้อน โดยใช้คำถามว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการพัฒนาได้อย่างไร

การวิเคราะห์ข้อมูลทำดังนี้

1. ถอดเทปที่บันทึกเสียงการสัมภาษณ์แบบคำต่อคำ

2. อ่านคำให้สัมภาษณ์ของนักเรียน ตีความหมาย จำแนก และสรุปแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ในแต่ละสถานการณ์

3. คณะผู้วิจัยร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการตีความ

แนวคิดเกี่ยวกับเรื่อง ภาวะโลกร้อน

1. ความหมายภาวะโลกร้อน

ภาวะโลกร้อน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเกิดจากการกระทำของมนุษย์ จนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น สาเหตุเกิดจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกเก็บกักความร้อนจากดวงอาทิตย์ไม่ให้ไปสู่ชั้นบรรยากาศ กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือน

กระจก ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยตรง เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง และการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อม คือ การตัดไม้ทำลายป่าดังนั้นจึงทำให้กลไกใน การดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป จากระบบบรรยากาศถูกลดทอนประสิทธิภาพลง และในที่สุดสิ่งต่างๆที่เราได้กระทำต่อโลกได้หวนกลับมาสู่เราในลักษณะของ ภาวะโลกร้อน (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550)

2. สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน

ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ได้เปรียบเทียบโลกเหมือนเป็นเรือนเพาะชำที่มีกระจกล้อมอยู่ทุกด้าน ความโปร่งใสของกระจกที่ล้อมอยู่รอบๆ ทำให้แสงแดดสามารถส่องผ่านเข้าไปในเรือนกระจกได้ แต่ความร้อนที่เกิดจากแสงแดดนั้นถูกแผ่นกระจกซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนกั้นให้อบอวลอยู่ในเรือนเพาะชำนั้น ไม่สามารถระบายไปที่อื่นได้ สภาวะอากาศภายในเรือนเพาะชำ จึงมีความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

สำหรับภาวะอากาศแบบปรากฏการณ์เรือนกระจกที่เกิดขึ้นกับโลกมนุษย์นั้น นักวิทยาศาสตร์ อธิบายว่า เกิดจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้ของสิ่งต่างๆ บนพื้นโลกลอยขึ้นไปสะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศเหนือพื้นโลก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นี้มีโมเลกุลโปร่งใสเหมือนเช่นกระจกที่ล้อมอยู่โดยรอบ ยอมให้แสงและรังสีความร้อนช่วงใกล้แสง (near infrared) จากดวงอาทิตย์บางส่วนสามารถผ่านเข้าไปในเรือนกระจกได้ โดยมีบางส่วนสะท้อนที่กระจกกลับออกสู่บรรยากาศ ส่วนที่ผ่านกระจกเข้าไปในเรือนเพาะชำจะสะท้อนกับพื้นเรือนเพาะชำและใบพืชกระจายออกไปทุกทิศทางผ่านกระจกออกไปสู่ภายนอกแต่ความร้อนที่เกิดจากแสงและรังสีความร้อนช่วงใกล้แสงดังกล่าวที่ส่องกระทบพื้นและกระจกทุกด้านนั้นถูกสะสมไว้ โดยพื้นและกระจกจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมจึงแผ่กระจายพลังงานออกมาในรูปของรังสีความร้อนช่วงคลื่นยาวออกจากพื้นและกระจกทุกด้านออกสู่อากาศภายในเรือนกระจก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำในอากาศภายในเรือนกระจกมีอุณหภูมิสูงขึ้นดังนั้นยิ่งมีแสงและรังสีความร้อนช่วงใกล้แสงดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามากระทบพื้นและผิวกระจกนานขึ้น อากาศในเรือนกระจกจะยิ่งมีอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอากาศในเรือนเพาะชำนั้น รับความร้อนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ไม่สามารถระบายไปที่อื่นได้ ตามปกตินั้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดขึ้นบนพื้นโลกจะถูกพืชดูดไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้อากาศในโลกทรงความสมดุลอยู่ได้ แต่เมื่อสังคมเมืองของมนุษย์แผ่ขยายออกไป มีการตัดไม้ทำลายป่ามากขึ้น ต้นไม้ที่ดูดกลืนอก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไป มีน้อยลง ในขณะที่โรงงานอุตสาหกรรมและเครื่องจักรกลเผาผลาญ

เชื้อเพลิงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาเพิ่มมากขึ้น สภาวะความสมดุลของอากาศในโลกจึงสูญเลียไปและก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกขึ้น (สามัคคี บุณยะวัฒน์ และสารัฐ รัตนะ, 2543; วีระศักดิ์ อุดมโชค,2550)

บรรยากาศของโลก ประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจน 78% ก๊าซออกซิเจน 21% ก๊าซอาร์กอน 0.9% นอกจากนั้น 0.1% เป็นไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซอื่นๆ ในทางตรงกันข้าม กลุ่มก๊าซโมเลกุลใหญ่ที่เราเรียกว่า ก๊าซเรือนกระจก เช่น ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ และก๊าซโอโซน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ส่งผลกระทบต่อบรรยากาศโลกมากที่สุด ซึ่งประเทศไทยเองก็มีการปล่อยก๊าซชนิดนี้ออกมาในบรรยากาศไม่น้อย เช่นเดียวกับประเทศอื่น โดยมีที่มาจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล ไม่ว่าจะเป็นถ่านหิน น้ำมันเชื้อเพลิง หรือ ก๊าซธรรมชาติ เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมถึงการปล่อยสาร Chlorofluorocarbon (CFC) ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่อง ทำความเย็นต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรม เครื่องทำความเย็น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศทั้งบ้านและรถยนต์ ตัวทำลายโอโซนดังกล่าวนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโลกอย่างมาก นอกจากอากาศบนโลกจะร้อนขึ้น และสุขภาพอนามัย โรคภัยไข้เจ็บ จะตามมาอีกมากมาย การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับตัวเองเพื่อมีชีวิตรอด ก็ต้องแสวงหากันเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพืชและสัตว์ก็มีมากด้วยเช่นกัน ระบบชีวิตของสัตว์ต้องปรับตัวเปลี่ยนแปลงถึงขั้นสูญพันธุ์ไปเลยก็เป็นได้แต่ที่น่าเป็นห่วงคือ ผลที่จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น เพราะก้อนน้ำแข็งขนาดมหึมาจากขั้วโลกกำลังละลายลงมา สู่ทวีปยุโรป และดินแดนที่มนุษย์อาศัยอยู่ ซึ่งมีการวิเคราะห์ว่าบริเวณของโลกที่อยู่ในระดับต่ำมากๆ อาจจะ สูญหายไปจากแผนที่โลกเพราะน้ำท่วมหมดสิ้น (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550)

3. ผลกระทบจากภาวะโลกร้อน

1. ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น

จากการได้รับความร้อนที่เพิ่มขึ้น นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าน่าจะมาจากสาเหตุ 2 ประการ คือ การละลายของน้ำแข็ง (ธนวัฒน์ จารุพงษ์กุล, 2550) ส่วนสาเหตุอีกประการหนึ่งคือการเพิ่มอุณหภูมิของบรรยากาศชั้นล่างของโลกทำให้ผิวน้ำทะเลขยายตัว ดังนั้นทำให้เมืองหรือประเทศที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่มากนัก ได้รับความเสียหายซึ่งอาจจะต้องจมหายไปในทะเล (สามัคคี บุญยะวัฒน์ และสารัฐ รัตนะ, 2543; ธนวัฒน์ จารุพงษ์กุล, 2550)

2. ผลกระทบต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ

อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นจะทำให้การระเหยของน้ำทะเลในมหาสมุทร แม่น้ำลำธาร และทะเลสาบ เพิ่มมากขึ้น และยิ่งจะทำให้ฝนตกมากขึ้นตามลำดับ โดยกระจุกตัวอยู่ในบางบริเวณทำให้เกิดอุทกภัย ส่วนบริเวณอื่นๆ ก็จะเกิดปัญหาแห้งแล้ง เนื่องจากฝนตกน้อยลง กล่าวคือ พื้นที่ภาคใต้จะมีฝนตกชุก และเกิดอุทกภัยบ่อยครั้งขึ้น ในขณะที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต้องเผชิญกับภัยแล้งมากขึ้น

การประเมินอย่างเป็นระบบ ในด้านผลกระทบป่าไม้ และทรัพยากรน้ำ ในการศึกษาล่าสุด ชี้ให้เห็นว่าทรัพยากรเหล่านี้ ประสบกับอัตราเสี่ยงในระดับสูง ป่าไม้ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีโอกาสที่จะประสบความแห้งแล้งขึ้น สอดคล้องกับการพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนที่น้อยลง แต่ฝนจะตกเพิ่มขึ้นในภาคใต้ ซึ่งมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของประเภทของป่าไม้ของประเทศ และการคุกคามของระบบนิเวศ รูปแบบของฝน และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้วัฏจักรของน้ำเปลี่ยนแปลง ลักษณะการไหลของระบบน้ำผิวดิน และระดับน้ำใต้ดินก็จะได้รับผลกระทบด้วย ทั้งพืชและสัตว์จึงต้องปรับปรุงตัวเองเข้าสู่ระบบนิเวศที่เปลี่ยนไป ลักษณะความหลากหลายทางชีวภาพก็จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกอาจจะมีผลกระทบที่ต่อเนื่องถึงการเปลี่ยนแปลงชนิดและการแพร่กระจายรวมถึงความสมบูรณ์ของป่าไม้ไทยในอนาคตด้วย ยกตัวอย่างเช่น ป่าแล้งเขตร้อน มีแนวโน้มว่าจะลุกเข้าไปในป่าชื้นใกล้เขตร้อน นั่นคือพื้นที่ป่าชื้นมีแนวโน้มลดลง และพื้นที่ป่าแล้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ระบบนิเวศทางทะเล ก็นับเป็นอีกระบบนิเวศหนึ่งที่จะได้รับผลกระทบจากภาวะโลกร้อน เนื่องจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น และอุณหภูมิผิวน้ำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้พืชและสัตว์ทะเลบางชนิดสูญพันธุ์ รวมถึงการเกิดปรากฏการณ์ปะการังฟอกขาวทั้งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน (ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550)

3. ผลกระทบต่อการเกษตรและแหล่งน้ำ

การศึกษาของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย ระบุว่า ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรในประเทศไทยสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ ในประเทศไทย มีแนวโน้มว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จะทำให้ปริมาณน้ำลดลง (ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจะมีผล

ต่อผลผลิตด้านการเกษตร โดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ และต้องอาศัยปริมาณน้ำฝนและแสงแดดที่แน่นอน รวมถึงความชื้นของดินและอุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะด้วย ผลกระทบที่มีต่อส่วนอื่นๆ เช่น ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น จะทำให้การระบายน้ำลงสู่ทะเลของที่ราบลุ่มภาคกลางช้าลง รวมถึงการรุกของน้ำทะเลเข้ามาในแม่น้ำ ซึ่งจะทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง การป้องกันอาจทำได้โดยการสร้างเขื่อน และประตูน้ำป้องกันน้ำเค็ม แต่วิธีการนี้ต้องลงทุนสูง ดังนั้นเมื่อราคาของการป้องกันสูงเกินกว่าที่ชาวนาจะสามารถรับได้ การปรับตัวโดยการเปลี่ยนพืช หรือทิ้งพื้นที่ทำกินในบริเวณที่ให้ผลผลิตต่ำจึงเป็นทางออกที่คาดว่าจะเกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรจะไม่รุนแรงมาก เพราะพื้นที่ชลประทานจะได้รับการป้องกัน แต่ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมอาจจะรุนแรงในบริเวณที่ขาดน้ำอยู่แล้ว นอกจากนี้ ผลกระทบยังอาจเกิดขึ้นกับการทำประมง เนื่องจาก แหล่งน้ำที่เคยอุดมสมบูรณ์ตลอดทั้งปี เช่น แม่น้ำสายเล็กๆ ทะเลสาบและห้วย หนอง คลอง บึง อาจแห้งขอดลงในบางฤดูกาล ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการขยายพันธุ์และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งจะทำให้จำนวนและความหลากหลายของชนิดของสัตว์น้ำลดจำนวนลงอย่างมาก ตัวอย่างเช่น ความหลากหลายทางชีวภาพ และความอุดมสมบูรณ์ในแหล่งน้ำแถบลุ่มแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะลดลงอย่างต่อเนื่อง หากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังคงดำเนินต่อไป (สามัคคี บุณยะวัฒน์ และสารัฐ รัตนะ, 2543; ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, 2550)

4. เหตุการณ์สภาพอากาศรุนแรง

จากสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้ภัยธรรมชาติต่างๆ เกิดบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้น อากาศที่ร้อนขึ้น และความชื้นที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองบ่อยครั้งขึ้นและไม่เป็นไปตามฤดูกาล ภาคใต้ของประเทศซึ่งเคยมีพายุไต้ฝุ่นพัดผ่านจะเกิดพายุมากขึ้น และความรุนแรงของพายุไต้ฝุ่นก็จะทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นด้วย รวมไปถึงอัตราเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของแนวโน้มอุทกภัยแบบฉับพลัน ซึ่งจะส่งผลให้ประชาชนจำนวนมากไร้ที่อยู่อาศัย และก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบนิเวศ ตัวอย่างที่เห็นชัด ได้แก่ เหตุการณ์พายุถล่มทางภาคใต้ของประเทศ เมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2531 ซึ่งมีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก และก่อให้เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง นอกจากภาวะน้ำท่วมแล้ว ยังมีพายุฝนต่อเนื่อง รวมทั้งแผ่นดินถล่ม เป็นเหตุให้โคลน หิน ดินและทราย จากภูเขาถล่มลงสู่พื้นที่เพาะปลูกของเกษตรกร เหตุการณ์ในครั้งนั้น นับว่าเป็นเหตุการณ์ภัยธรรมชาติที่รุนแรงมากที่สุดครั้งหนึ่งในประวัติศาสตร์ของประเทศไทย

ภัยธรรมชาติอีกอย่างหนึ่งที่คาดการณ์ว่าจะรุนแรงขึ้น ได้แก่ ภาวะภัยแล้งการลดลงของปริมาณน้ำฝน และการระเหยของน้ำที่เพิ่มมากขึ้น การขยายตัวของภาวะแห้งแล้ง ทำให้พื้นที่ตลอดจนผู้ได้รับความเสียหายเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในช่วงกลางปี พ.ศ. 2533 ประเทศไทยต้องประสบกับความแห้งแล้งรุนแรง ซึ่งเป็นผลมาจากปรากฏการณ์ เอลนิโน ที่เชื่อกันว่าอาจจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงต่อผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ นอกจากนี้ ไฟป่าอาจจะเกิดบ่อยครั้งขึ้นสืบเนื่องมาจากภาวะภัยแล้ง

5. ผลกระทบด้านสุขภาพ

อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มสูงขึ้นและเหตุการณ์ตามธรรมชาติที่รุนแรงและเกิดบ่อยครั้งส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพและอนามัยของคนไทย โรคระบาดที่สัมพันธ์กับการบริโภคอาหารและน้ำดื่ม มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มสูงมากขึ้น ภัยธรรมชาติ เช่น ภาวะน้ำท่วมทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในแหล่งน้ำ ไม่ว่าจะเป็น โรคบิด ท้องร่วง และอหิวาตกโรค เป็นต้น โรคติดต่อในเขตร้อน ก็มีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น และทำให้มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะไข้มาลาเรีย ซึ่งมียุงลายเป็นพาหะ เนื่องจากการขยายพันธุ์ของยุงจะมากขึ้น ในสภาวะแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น อีกโรคหนึ่งที่มีจำนวนผู้ป่วยสูงขึ้น คือ ไข้ส่าปัจจุบันการระบาดของไข้ส่าในประเทศไทย มีความรุนแรง และมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นกว่า 8-10 เท่า ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพอากาศที่ร้อนขึ้นและฤดูกาลที่ไม่แน่นอนแนวโน้มของผลผลิตทางการเกษตรที่ลดลงจากภัยธรรมชาติ อาจนำไปสู่ภาวะขาดแคลนอาหาร และความอดอยาก ทำให้เกิดภาวะขาดสารอาหาร และภูมิต้านทานร่างกายต่ำ โดยเฉพาะในเด็กและคนชรา

6. ผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจ

ภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นไม่เพียงแต่ส่งกระทบที่รุนแรงต่อประเทศไทยในทางกายภาพเท่านั้น หากแต่ยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อความมั่นคงทางสังคมและเศรษฐกิจของประเทศชาติด้วย กล่าวคือ การยุบตัวของพื้นที่ชายฝั่ง ภูมิอากาศแปรปรวน โรคระบาดรุนแรง และผลกระทบอื่นๆ ส่งผลให้มีประชากรบาดเจ็บล้มตาย ทิ้งที่ทำกิน และไร้ที่อยู่อาศัย เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ประชาชนยังจะได้รับความเดือดร้อนจากการขาดแคลนอาหารและน้ำดื่มที่ถูกสุขลักษณะระหว่างภาวะน้ำท่วม และความเสียหายที่เกิดกับระบบสาธารณูปโภคต่างๆ ซึ่งโดยมาก ผู้ที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงที่สุดจะเป็นประชาชนที่มีความยากจน และไม่มีทุนทรัพย์พอที่จะป้องกันผลกระทบของภาวะโลกร้อนได้ ยกตัวอย่างเช่น การป้องกันการรุกล้ำของน้ำเค็มใน

พื้นที่ทำกิน อาจทำได้โดยการสร้างเขื่อน และประตูน้ำป้องกันน้ำเค็ม แต่วิธีการนี้ต้องลงทุนสูง ดังนั้นเมื่อราคาของการป้องกันสูงเกินกว่าที่ชาวนาจะสามารถรับได้ การทิ้งพื้นที่ทำกินในบริเวณที่ให้ผลผลิตต่ำจึงเป็นทางออกที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

นอกจากนี้ ความเสียหายต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็น การสูญเสียพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญตามแนวชายฝั่งที่ยุบตัว ภัยธรรมชาติ และความเสียหายที่เกิดจากเหตุการณ์ธรรมชาติที่รุนแรง ล้วนส่งผลให้ผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งเป็นสินค้าส่งออกหลักของประเทศมีปริมาณลดลง พื้นที่ที่คุ้มค่าแก่การป้องกันในเชิงเศรษฐกิจ และพื้นที่ที่มีการพัฒนาสูงอาจได้รับการป้องกันล่วงหน้า เช่น นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จำต้องมีโครงสร้างป้องกันกระแสคลื่น ซึ่งจะรุนแรงขึ้นเมื่อน้ำทะเลสูงขึ้น หรือการสร้างกำแพงกั้นน้ำทะเลหรือเขื่อน เพื่อป้องกันการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำทางการเกษตร และการทำนาเกลือ เป็นต้น (สามัคคี บุณยะวัฒน์ และสารัฐ รัตนะ, 2543; ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล ,2550)

5. แนวทางการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

วิธีการแก้ไขมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่ได้ผลที่สุดก็ต้องแก้ที่ที่มาของปัญหา คือ ต้องลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ฯลฯ ให้ได้โดยการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่า การนำกลับมาประยุกต์ใช้ใหม่ และการควบคุมประชากรของมนุษย์ ดังนี้

1. การอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพป่า

2. การที่จะลดปัญหาภาวะโลกร้อนต้องลดการปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ขึ้นสู่บรรยากาศโดยการเร่งปลูกป่าทดแทนพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไป

3. การนำกลับมาประยุกต์ใช้ใหม่ (Recycle) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) และการประหยัดพลังงาน

4. มนุษย์ทุกคนในโลกสามารถช่วยลดปัญหาของโลกร้อนได้โดยการใช้ทรัพยากรต่างๆ ให้คุ้มค่าโดยใช้แล้วนำมากลับมาประยุกต์ใช้อีก เช่น

- นำกระดาษ ถุงพลาสติกที่ใช้ได้ กระป๋องน้ำอัดลมที่ใส่น้ำอัดลม กลับไปใช้ใหม่ พยายามซื้อสิ่งของที่มีอายุ การใช้งานนานๆ

- ลดระยะทางที่ใช้สำหรับการขนส่งอาหาร เนื่องจากมลพิษจากการขนส่งนั้น เป็นตัวการสำคัญมากที่สุดในการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ให้เราพยายามบริโภคอาหารที่ผลิตและปลูก ในท้องถิ่นจะช่วยลดพลังงานที่ใช้สำหรับ การขนส่งลงได้

- ปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกใช้งาน ประมาณ 15-30 นาที ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25-26 องศาเซลเซียส

- ลดระดับการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าลงแม้เพียงน้อยนิด เช่น เพิ่มความร้อนของเครื่องปรับอากาศในสำนักงานหรือที่พักอาศัยลงสักหนึ่งองศา หรือ ปิดไฟขณะไม่ใช้งาน ปิดฝาหม้อที่มีอาหารร้อนอยู่ หรือลดจำนวนชั่วโมงการดูโทรทัศน์หรือฟังวิทยุลง อาจลดค่าใช้จ่ายของเราไม่มากนัก แต่จะส่งผลมหาศาลต่อโลก

- ลดการใช้น้ำมัน จากการขับขี่ยวดยานพาหนะ โดยปรับเปลี่ยนนิสัยการขับรถ เช่น ลดความเร็วในการขับรถลง ตรวจสอบสภาพลมในล้อรถให้เหมาะสม และค่อยๆ เหยียบคันเร่งรถยนต์ เมื่อต้องการเร่งความเร็ว และทดลองเดินหรือขี่จักรยานเวลาเดินทางในระยะใกล้ๆ

5. การใช้พลังงานทดแทนหรือเทคโนโลยีที่สะอาด การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานทดแทนจากขยะ ไบโอดีเซล ก๊าซโซฮอล์ ฯลฯ

6. การลดปริมาณของประชากร การเพิ่มขึ้นของประชากร ก่อให้เกิดปัญหาความร่อยหรอความเสื่อมโทรมของทรัพยากร ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมจำนวนประชากรของมนุษย์มิให้เพิ่มมากขึ้น ก็จะช่วยชะลอปัญหาภาวะโลกร้อนมิให้เกิดขึ้นมากนัก (สามัคคี บุณยะวัฒน์ และสารัฐ รัตนะ, 2543; ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล,2550)

การจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กล่าวถึงโครงงานวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับ เพื่อเป็นพื้นฐานความเข้าใจเกี่ยวกับโครงงานวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์

นันทิยา บุญเคลือบ (2528) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า โครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เพื่อตอบปัญหาที่สงสัย ซึ่งปัญหาที่จะศึกษานั้นต้องเกิดจากความสนใจของผู้ทำโครงงาน มีกระบวนการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาคำตอบอย่างมีระบบตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนถึงการเผยแพร่ผลงานของตนให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ทั้งนี้โดยมีอาจารย์หรือผู้เชี่ยวชาญในเนื้อหาและเทคนิควิธีการของเรื่องนั้นๆ เป็นที่ปรึกษาให้ความช่วยเหลือแนะนำ

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (2528) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการศึกษาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างเป็นหลักเกณฑ์และต้องสำเร็จรูปในตัวผู้ศึกษาจะต้องมีความละเอียดรอบคอบ มีการสังเกตสิ่งที่ได้จากการศึกษาไว้ตามลำดับทุกขั้น การวางรูปของโครงงานจะต้องดำเนินการล่วงหน้าให้รัดกุม

ธีระชัย ปูรณโชติ (2531) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการศึกษาเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติและศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้คำแนะนำ ปรึกษา และการดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ และอาจใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ ช่วยในการศึกษาค้นคว้านั้นบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

ลัดดา ภู่เกียรติ (2544) การเรียนการสอนแบบโครงงาน(Project-Approach) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกสิ่งที่ศึกษา กำหนดเรื่องที่จะศึกษาหรือโครงการที่สนใจจะทำเป็นการศึกษาด้วยตนเองในสิ่งที่มีความคล้ายคลึงเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับชีวิตจริงหรือสภาพปัญหาที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้ความรู้ ความคิดที่ลึกซึ้ง เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จนได้ความรู้ใหม่ที่มีความหมายสอดคล้องและเชื่อมโยงกัน ได้ใช้ทักษะที่มีในการทำงานตามความต้องการและความสนใจทำให้เด็กได้พัฒนาความรับผิดชอบ ความมีวินัยในตนเองและความรอบคอบในการปฏิบัติงาน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าเพื่อตอบปัญหาที่สงสัย ซึ่งนักเรียนเป็นผู้ริเริ่มและเลือกเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามความสนใจ และระดับความรู้ความสามารถ มีการวางแผนในการศึกษา

ค้นคว้าเก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการปฏิบัติทดลองหรือประดิษฐ์คิดค้น รวมทั้งการแปลผลสรุปด้วยตนเอง โดยมีครูอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ให้คำปรึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) ได้ให้ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเองตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือกระบวนการอื่นใดไปใช้การศึกษาหาคำตอบในเรื่องนั้นๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้น แนะนำ และให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียนอย่างใกล้ชิดตั้งแต่การเลือกหัวข้อที่ศึกษา ค้นคว้า ดำเนินการวางแผน กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานและการนำเสนอผลงาน โดยทั่วๆ ไป การทำโครงงานสามารถทำได้ทุกระดับการศึกษา ซึ่งอาจทำเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงงาน อาจเป็นโครงงานเล็กๆ ที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน หรือเป็นโครงงานที่มีความยากและซับซ้อนขึ้นก็ได้

จากความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ดังข้างต้น พอจะสรุปได้ว่า โครงงานวิทยาศาสตร์หมายถึง การศึกษาค้นคว้าเรื่องใดเรื่องหนึ่งเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ และศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ภายใต้การให้คำปรึกษาและการดูแลของครูหรือผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ

2. จุดมุ่งหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์

จุดมุ่งหมายของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาและสถาบันทางการศึกษาต่างๆ กำหนดไว้อาจแตกต่างกันบ้างในบางข้อความหรือรายละเอียดบางส่วน ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ (ธีระวัฒน์ ปูรณโชติ, 2531 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ได้กล่าวถึงกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งหมาย ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการศึกษาค้นคว้าหรือวิจัยเบื้องต้นทางวิทยาศาสตร์ภายในขอบเขตของความรู้และประสบการณ์ตามระดับขั้นของตน

2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรักและสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์

3. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ และมีโอกาสที่จะแสดงออก

4. เพื่อพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา

5. เพื่อให้นักเรียนได้รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์

6. เพื่อพัฒนาความรับผิดชอบสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

7. เพื่อให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

8. เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ ด้วยตนเอง

9. เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเห็นคุณค่าของการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา

10. เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีท้องถิ่น

11. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสเผยแพร่ผลงานของตน

3. หลักการของโครงงานวิทยาศาสตร์

หลักการสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2531 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ได้อธิบายไว้ดังต่อไปนี้คือ

1. เน้นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่ม วางแผนและดำเนินการศึกษาด้วยตนเอง โดยมีอาจารย์เป็นผู้ชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษา

2. เน้นกระบวนการในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งแต่การกำหนดปัญหาหรือเลือกหัวข้อที่สนใจ การวางแผนการศึกษาค้นคว้า การรวบรวมข้อมูลหรือการทดลองและสรุปผลการศึกษาค้นคว้า

3. เน้นการคิดเป็น ทำเป็น และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. การทำกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ มุ่งฝึกให้นักเรียนเรียนรู้วิธีการศึกษาและแก้ปัญหาด้วยตนเอง มิได้เน้นการส่งเข้าประกวดเพื่อรับรางวัล

5. นักเรียนเป็นผู้วางแผนการศึกษา ค้นคว้า เก็บรวบรวมข้อมูล ดำเนินการปฏิบัติการทดลอง หรือประดิษฐ์ คิดค้น รวมทั้งการแปลผล สรุปผล และเสนอผลการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง โดยมีครู อาจารย์ หรือผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ให้คำปรึกษา

6. เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. คุณค่าและความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการจัดแสดงผลงานของนักเรียนนอกจากจะมีคุณค่าด้านการฝึกให้นักเรียนมีความรู้ ความชำนาญ และมีความมั่นใจในการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ประดิษฐ์คิดค้น หรือค้นคว้าหาความรู้ต่างๆ ด้วยตนเองแล้ว ยังมีคุณค่าในด้านอื่นๆ อีก (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2531; ภพ เลาหไพบูลย์, 2534; นิโลบล นิ่มกิ่งรัตน์และคณะ, 2540; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

1. ช่วยส่งเสริมให้จุดมุ่งหมายของหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สัมฤทธิ์ผลโดยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสเรียนรู้จากประสบการณ์ตรงในกระบวนการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

3. ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในกระบวนการแสวงหาความรู้ ได้ครบถ้วยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นกว่าการเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนตามปกติ มีโอกาสได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางทักษะ ซึ่งไม่ใคร่มีโอกาสในกิจกรรมการเรียนการสอนปกติ เช่น ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการออกแบบการทดลอง และควบคุมตัวแปร

4. ช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์

5. ช่วยให้นักเรียนได้เข้าใจลักษณะและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ดียิ่งขึ้น เช่น เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ไม่ได้หมายถึงแต่ตัวความรู้ในเนื้อหาสาระที่เกี่ยวกับธรรมชาติเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงกระบวนการแสวงหาความรู้เหล่านั้น และเจตคติหรือค่านิยมที่เป็นวิทยาศาสตร์อีกด้วย การได้มาซึ่งความรู้ที่เกี่ยวกับธรรมชาติจะต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ซึ่งได้จากการรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบโดยอาศัยการสังเกตเป็นพื้นฐาน แต่ประสาทสัมผัสของมนุษย์ซึ่งใช้ในการสังเกตมีขีดความสามารถจำกัดในการรับรู้ ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงมีขอบเขตจำกัด

6. ช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และความเป็นผู้มีวิจารณญาณ

7. ช่วยพัฒนานักเรียนให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง

8. ช่วยพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้คิดเป็น ทำเป็น และมีความสามารถในการแก้ปัญหา

9. ช่วยพัฒนาความรับผิดชอบและสร้างวินัยในตนเองและหมู่คณะให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ฝึกการเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี

10. ช่วยให้นักเรียนได้ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์และมีคุณค่า

11. ช่วยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับครู และครูกับนักเรียนให้มีโอกาสทำงานใกล้ชิดกันมากยิ่งขึ้น

12. สร้างความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับโรงเรียนให้ดีขึ้น และช่วยกระตุ้นให้ชุมชนได้สนใจวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากยิ่งขึ้น

5. ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์

การทำโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น อาจทำได้หลายรูปแบบ เมื่อพิจารณารูปแบบและลักษณะของกิจกรรมการศึกษาค้นคว้า สามารถจัดประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็น 4 ประเภท มี

รายละเอียดดังต่อไปนี้ (วิมลศรี สุวรรณรัตน์, 2542; วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2544; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

1. โครงงานประเภทสำรวจ (Survey Research Project)

เป็นกิจกรรมการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความรู้ที่มีอยู่หรือเป็นอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยมีวิธีการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่างๆ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำ เช่น จำแนกเป็นหมวดหมู่ แล้วเสนอในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เห็นลักษณะหรือความสัมพันธ์ต่างๆ ในเรื่องที่ศึกษา ทั้งนี้ไม่มีการกำหนดตัวแปรอิสระ และไม่จำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรต่างๆ การทำโครงงานประเภทสำรวจ อาจกระทำได้หลายรูปแบบดังนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามหรือข้อมูลที่มีอยู่ในธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้ทันทีโดยไม่ต้องนำวัสดุตัวอย่างมาศึกษาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างโครงงานวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- การสำรวจทิศทางและอัตราเร็วลมในท้องถิ่นต่างๆ

- การศึกษาสเปกตรัมของก๊าซชนิดหนึ่ง

- การสำรวจพฤติกรรมด้านต่างๆ ของสัตว์ในธรรมชาติ

การเก็บรวบรวมวัสดุตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ในบางครั้งการออกภาคสนาม เพื่อไปเก็บวัสดุตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพราะไม่สามารถที่จะวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลได้ทันทีในขณะออกไปปฏิบัติภาคสนามนั้น

ตัวอย่างโครงงานประเภทนี้ ได้แก่

- การสำรวจคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณสารในน้ำ ปริมาณแบคทีเรีย ค่า BOD ฯลฯ จากแหล่งน้ำต่างๆ ที่ต้องการศึกษา

- การสำรวจคุณภาพของดิน เช่น ความชื้น ปริมาณสารอินทรีย์ ความเป็นกรด เบส ฯลฯ จากแหล่งน้ำต่างๆ ที่ต้องการศึกษา

- การศึกษาโครงกระดูกสัตว์บางประเภท

จำลองธรรมชาติขึ้นในห้องปฏิบัติการ และทำการศึกษาด้วยการสังเกตและรวบรวมข้อมูลต่างๆ ในการสำรวจรวบรวมข้อมูลบางอย่าง แทนที่จะต้องออกไปศึกษาสำรวจในท้องถิ่นธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองงบประมาณและเสียเวลามาก นอกจากนั้นยังไม่สะดวกในการปฏิบัติ อาจจำลองธรรมชาติขึ้นในห้องปฏิบัติการ แล้วจึงสังเกตและศึกษารวบรวมข้อมูลต่างๆ ในธรรมชาติจำลองนั้น เช่น ตัวอย่างโครงงานประเภทนี้ ได้แก่

- การศึกษาวงจรชีวิตของไหมที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

- การศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดต่างๆ ที่นำมาเพาะเลี้ยง

- การศึกษาพฤติกรรมของปลากัดจีนที่นำมาเลี้ยงไว้

ขั้นตอนของโครงงานประเภทสำรวจ

ขั้นตอนที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อที่จะศึกษาเป็นการนำแนวความคิดเห็นที่มาของปัญหาที่จัดทำโครงงานมาเสนออาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งปัญหานั้นอาจมีที่มา ที่แตกต่างกัน เช่น จากประสบการณ์ จากการอ่านหนังสือ จากการสังเกต จากสิ่งที่สนใจเป็นพิเศษ ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผนในการทำโครงงาน เมื่อได้ปัญหาที่จะศึกษาแล้ว ผู้ทำโครงงานต้องศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม จากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ เกี่ยวกับเรื่องที่จะกระทำ และวางแผนเพื่อออกแบบการทำโครงงาน ในขั้นนี้อาจมีการสร้างอุปกรณ์ การเตรียมสถานที่

ขั้นตอนที่ 3 การลงมือทำโครงงาน เป็นขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตเป็นสำคัญ บันทึกผลจากการสังเกต เพื่อนำไปสู่การสรุปผล

ขั้นตอนที่ 4 การเขียนรายงานโครงงาน เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาสรุปเป็นข้อค้นพบ และเขียนรายงานโครงงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโครงงาน

2. โครงงานประเภททดลอง (Experimental Research Project)

โครงงานประเภทนี้ โดยทั่วไปเป็นการศึกษาหาคำตอบของปัญหาใด ปัญหาหนึ่ง โดยการออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง เพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการทราบ หรือเพื่อตรวจสอบสมมติฐานการออกแบบการทดลอง ซึ่งมีการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรที่ทำการศึกษา แล้วดำเนินการทดลอง มีการจัดกระทำกับตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรต้น ทำการรวบรวมข้อมูล เพื่อการศึกษาความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม การแปลผล และสรุปผลการทดลอง ลักษณะสำคัญของโครงการประเภททดลอง คือ จะต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษามีการจัดกระทำกับตัวแปรต้น หรือตัวแปรอิสระ เพื่อดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม และมีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการศึกษา แต่อาจมีผลต่อตัวแปรตามที่ต้องการศึกษา การทดลองเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งหรือเป็นการทดลองซ้ำของการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงก็ได้

ขั้นตอนของโครงงานประเภททดลองมีดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดปัญหาที่จะศึกษา

ขั้นตอนที่ 2 การตั้งสมมติฐาน

ขั้นตอนที่ 3 การออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 การแปลและสรุปผลการทดลอง

3. โครงงานประเภทพัฒนาหรือการประดิษฐ์ (Developmental Research Project or Invention)

โครงงานประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ เป็นการพัฒนาหรือการประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยอาศัยความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ อาจเป็นการประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยมีมาก่อนหรือการปรับปรุงอุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีอยู่แล้วให้ใช้งานได้ดีกว่าเดิมก็ได้ นอกจากนั้นอาจเป็นการเสนอหรือการสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งก็ได้ ตัวอย่างโครงงานประเภทการพัฒนาหรือการประดิษฐ์ ได้แก่ กลจักรพลังงานแสง รถพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเตาอบพลังแสงอาทิตย์ บ้านยุคนิวเคลียร์ กระโจมไฟฟ้าใช้พลังงานคลื่นน้ำ เป็นต้น

4. โครงงานประเภทการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย (Theoretical Research Project)

โครงงานประเภทนี้ เป็นการสร้างทฤษฎีหรือการอธิบาย เป็นโครงงานที่ทำให้ผู้จัดทำจะต้องเสนอแนวความคิดใหม่ ๆ ในการอธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีเหตุผล มีหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีสนับสนุนการอธิบายปรากฏการณ์เก่าในแนวใหม่ อาจเสนอในรูปของคำอธิบายสูตรหรือสมการ โดยมีข้อมูลหรือทฤษฎีอื่นสนับสนุนอ้างถึงการทำโครงงานประเภทนั้นผู้จัดทำจะต้องมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี และต้องค้นคว้าศึกษาเรื่องราวที่เกี่ยวข้องอย่างมาก จึงจะสามารถสร้างคำอธิบายหรือทฤษฎีได้ ตัวอย่างโครงงาน ได้แก่ โครงงานเรื่องการกำเนิดทวีปและมหาสมุทร ซึ่งเป็นการสร้างแบบจำลองทางทฤษฎี อธิบายการเกิดทวีปและมหาสมุทร โดยอาศัยหลักฐานทางประวัติศาสตร์ และทฤษฎีวิทยาศาสตร์มาอ้างอิง อย่างไรก็ตามเนื่องจากโครงงานประเภทนี้ ผู้จัดทำจะต้องมีพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี และต้องทำการศึกษาค้นคว้าเรื่องราวที่เกี่ยวข้องเป็นอย่างมาก จนมีความรู้อย่างกว้างขวางและลึกซึ้งในเรื่องราวที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงยากเกินไปสำหรับผู้ที่ริเริ่มที่จะทำโครงงานวิทยาศาสตร์

6. ขั้นตอนในการดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์จากนักวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและสถาบันการศึกษาต่างๆ อาจสรุปได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้ (ธีระชัย ปูรโชติ, 2531 และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

ขั้นที่ 1 การคิดและเลือกหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา

เป็นขั้นตอนอันดับแรกของกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด หัวเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษานั้น ควรให้นักเรียนเป็นผู้คิด และเลือกด้วยตนเอง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดจากความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ตลอดจนประสบการณ์ทั้งในและนอกห้องเรียน อาจจะได้แนวความคิดจากเรื่องราวที่เกี่ยวกับเรื่องที่ครูสอนในชั้นเรียน การอภิปรายร่วมกับครู และเพื่อนๆ การอ่านหนังสือ เอกสารหรือวารสารต่างๆ การไปชมงานแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์ การตัดสินใจเลือกเรื่องที่จะทำโครงงาน ควรพิจารณาองค์ประกอบสำคัญดังนี้

1. เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียน

2. เหมาะสมกับความสามารถของนักเรียน

3. วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้

4. งบประมาณเพียงพอ

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการทำโครงงาน

6. มีอาจารย์หรือผู้ทรงคุณวุฒิรับเป็นที่ปรึกษา

7. ความปลอดภัย

ขั้นที่ 2 การวางแผนทำโครงงาน

ขั้นตอนนี้เป็นการวางแผนในการทำโครงงาน รวมถึงการทำโครงร่างของโครงงานซึ่งต้องมีแผนการ หรือมีการวางรูปโครงงานไว้ล่วงหน้า เพื่อให้ดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุม และรอบคอบไม่สับสน การวางแผนการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนจะต้องเขียน โครงร่าง หรือเค้าโครง เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา ส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับการเขียนรายงานวิทยาศาสตร์ เป็นการกำหนดแผนงานอย่างคร่าวๆ ที่คิดไว้ล่วงหน้า ส่วนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการเขียน

รายงานสิ่งที่ได้กระทำไปแล้ว การเขียนและการจัดลำดับหัวข้อเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์นิยมเขียนแตกต่างกันไปบ้าง โดยทั่วไปควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. ชื่อโครงงาน ควรเป็นข้อความที่กะทัดรัด ชัดเจน สื่อความหมายตรง และตีความหมายเฉพาะเจาะจงว่าจะศึกษาอะไร

2. ชื่อผู้ทำโครงงาน เป็นชื่อผู้จัดทำระบุบทบาทหน้าที่ให้ชัดเจน

3. ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน เป็นผู้ดูแล ควบคุม ให้คำแนะนำ

4. ที่มาและความสำคัญของโครงงาน ผู้ศึกษาต้องอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำโครงงานนี้ โครงงานเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้องเรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่หรือมีผู้อื่นได้เคยศึกษาค้นคว้าเรื่องทำนองนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีผู้เคยศึกษาไว้บ้างแล้วได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติมปรับปรุง จากเรื่องผู้อื่นทำได้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบ

5. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าควรมีข้อความเฉพาะเจาะจง และเป็นสิ่งที่สามารถบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

6. สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบหรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุผล คือมีทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์รองรับ และที่สำคัญคือเป็นข้อความที่มองเห็นแนวในการทดลองหรือสามารถทดสอบได้

7. วิธีดำเนินการ ระบุว่าจะต้องใช้หรือสร้างวัสดุอุปกรณ์อะไรบ้างในการศึกษาค้นคว้า อธิบายแนวทางในการศึกษาค้นคว้า การออกแบบการทดลอง วิธีการสำรวจรวบรวมข้อมูลหรือวิธีการประดิษฐ์แล้วแต่ว่าจะเป็นโครงงานประเภทใด ระบุวิธีการที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

8. แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาในการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ จนเสร็จสิ้นการดำเนินงาน

9. ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ

10. เอกสารอ้างอิง ควรระบุหนังสือ เอกสาร วารสารต่างๆ ที่ใช้ ประกอบการทำโครงงานนี้ โดยต้องเขียนให้ถูกต้องตามหลักการเขียนเอกสารอ้างอิงด้วย

ขั้นที่ 3 การลงมือทำโครงงาน

เมื่อเค้าโครงย่อของโครงงานได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วก็เสมือนว่างานของนักเรียนสำเร็จไปแล้วมากกว่าครึ่งหนึ่ง ต่อไปก็เป็นการลงมือปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ ดังนี้

1. การเตรียมการ

1.1 เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อมก่อนหรือลงมือทดลอง

1.2 มีสมุดสำหรับบันทึกกิจกรรมต่างๆ ระหว่างการทำโครงงาน เช่น ได้ปฏิบัติอย่างไรได้ผลอย่างไร มีปัญหาและแก้ไขได้หรือไม่อย่างไร รวมทั้งข้อสังเกตต่างๆ ที่พบ

2. การลงมือปฏิบัติ

2.1 ปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ในเค้าโครง แต่อาจเปลี่ยนแปลง หรือเพิ่มเติมได้ ถ้าพบว่าจะช่วยทำให้ผลงานดีขึ้น

2.2 จัดระบบการทำงานโดยทำส่วนที่เป็นหลักสำคัญๆ ให้เสร็จก่อนแล้วจึงทำส่วนที่เป็นส่วนประกอบหรือส่วนเสริมเพื่อให้โครงงานมีความสมบูรณ์มากขึ้น

2.3 ปฏิบัติการทดลองด้วยความละเอียดรอบคอบ และบันทึกข้อมูลไว้อย่างเป็นระเบียบและครบถ้วน

2.4 ควรปฏิบัติการทดลองซ้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้มากขึ้น

2.5 ควรคำนึงถึงความประหยัดและความปลอดภัยในการทำงาน และระยะเวลาในการทำงาน

3. การวิเคราะห์และสรุปผล

การวิเคราะห์ผลเป็นการนำข้อมูลมาจัดกระทำ เพื่อนำเสนออย่างเป็นระบบและช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย เช่น หาค่าเฉลี่ย หาค่าร้อยละ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ แล้วอธิบายหรือแปลความหมายข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ ต่อจากนั้นจึงสรุปผล

4. การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การอภิปรายผลเป็นการพิจารณาข้อมูลที่ได้วิเคราะห์แล้วพร้อมกับนำข้อมูลไปหาความสัมพันธ์กับ หลักการ ทฤษฎี หรือผลงานที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้แล้ว ทั้งนี้ยังร่วมถึงหลักการ ทฤษฎี หรือผลงานของผู้อื่นมาใช้ประกอบการอภิปรายผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย

ขั้นที่ 4 การเขียนรายงาน

การเขียนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการเสนอผลงานที่ได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร เพื่ออธิบายให้ผู้อื่นทราบแนวคิดหรือปัญหาที่ศึกษา วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ ผลของการศึกษา ตลอดจนประโยชน์และข้อเสนอแนะ ที่ได้จากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การเขียนรายงานควรใช้ภาษาที่อ่าน เข้าใจง่าย ชัดเจน สั้น ตรงไปตรงมาและที่ครอบคลุมหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. ชื่อโครงงาน

2. ชื่อผู้จัดทำโครงงาน

3. ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4. บทคัดย่อ อธิบายที่มาและความสำคัญของโครงงาน วัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการ และผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปต่าง ๆ อย่างย่อ ประมาณ 300-350 คำ

5. ที่มาและความสำคัญของโครงงาน อธิบายความสำคัญของโครงงาน เหตุผลที่เลือกทำโครงงานนี้และหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับโครงงาน เรื่องที่ทำเป็นเรื่องใหม่ หรือมีผู้อื่นเคยศึกษาไว้บ้างแล้ว ถ้ามีผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำนี้ได้ขยายเพิ่มเติม หรือปรับปรุงจากเรื่องที่ผู้อื่นได้ทำไว้อย่างไรบ้าง หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

6. จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

7. สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี)

8. วิธีดำเนินการ

9. ผลการศึกษาค้นคว้า นำเสนอข้อมูลหรือผลการทดลองต่าง ๆ ที่สังเกตรวบรวมได้ รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วย

10. สรุปผลและข้อเสนอแนะ อธิบายผลสรุปที่ได้จากการทำโครงงาน ถ้ามีการตั้งสมมติฐาน ควรระบุด้วยว่าข้อมูลที่ได้สนับสนุนคัดค้านสมติฐานที่ตั้งไว้หรือสรุปไม่ได้ นอกจากนี้ยังควรกล่าวถึงการนำผลการทดลองไปใช้ประโยชน์ อุปสรรคของการทำโครงงาน หรือข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อผิดพลาดบางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงงานนี้ รวมทั้งเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในเรื่องทำนองนี้ต่อไปในอนาคตด้วย

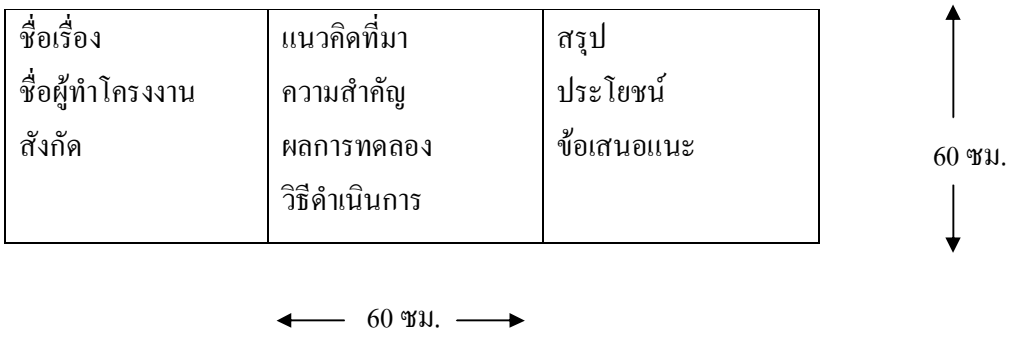
11. คำขอบคุณ ส่วนใหญ่โครงงานวิทยาศาสตร์มักจะเป็นกิจกรรมที่ได้รับความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย ดังนั้น เพื่อเป็นการส่งเสริมสร้างบรรยากาศของความร่วมมือจึงควรได้กล่าวขอบคุณ บุคลากรหรือหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีส่วนช่วยให้โครงงานนี้สำเร็จด้วย

12. เอกสารอ้างอิง เอกสารหนังสือ หรือเอกสารต่าง ๆ ผู้ทำโครงงานใช้ค้นคว้าหรืออ่านเพื่อศึกษาหาข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการทำโครงงานนี้

ขั้นที่ 5 การแสดงผลงาน

การแสดงผลงานจัดได้ว่าเป็นลำดับขั้นตอนสำคัญอีกประการหนึ่งของการทำโครงงาน เรียกว่าเป็นงานขั้นสุดท้าย ของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ เป็นการแสดงผลิตผลของงาน ความคิด

และความพยายามทั้งหมดที่ผู้จัดทำโครงงานได้ทุ่มเทลงไป ซึ่งเป็นการจัดแสดง ให้ผู้อื่นทราบถึงกระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ของการศึกษาค้นคว้า อาจมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือ หรือภาพและแผนภูมิประกอบการอธิบาย อาจมีหรือไม่มีการสาธิตประกอบด้วยก็ได้ หรืออาจจัดแสดงผลงานในรูปแบบอื่น เช่น บรรยายประกอบสไลด์ บรรยายประกอบแผงผังโครงงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของแผนผังโครงงาน

การจัดการแสดงผลงานโครงงานทำได้หลายระดับ เช่น

1. การจัดเสนอผลงานภายในห้องเรียน

2. การจัดนิทรรศการภายในโรงเรียนเป็นการภายใน

3. การส่งผลงานเข้าร่วมในการแสดงหรือประกวดภายนอก

7. การประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

การประเมินผลโครงงานเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญอีกกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการจัดงานแสดงโครงงานวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ตามปกติครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินโครงงานเพื่อเก็บคะแนนเป็นส่วนหนึ่งของการประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ตามปกติ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องประเมินให้ครอบคลุม ตั้งแต่การเตรียมก่อนการลงมือ การดำเนินการ การดำเนินกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ และผลสำเร็จของงานที่ออกมาในรูปของชิ้นงาน กิจกรรมการทำงาน ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด ความพยายามในการพัฒนาโครงงานของตนเองครั้งต่อไป ซึ่งสามารถดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ

1. การประเมินผลด้วยตนเอง โดยนักเรียนจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ดำเนินการตรวจสอบพิจารณาแก้ไขปรับปรุงโครงงานของตนเองให้มีคุณภาพครอบคลุมตามหัวข้อแบบประเมินตนเองก่อน จะทำโครงงานที่จะจัดทำให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. การประเมินโดยครูหรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้รับเชิญตามปกติ ครูผู้สอนจะประเมินโครงงาน หรืออาจประเมิน โดยคณะกรรมการของโรงเรียนเพื่อคัดเลือกโครงงานไปแสดงในโอกาสอื่นๆ ต่อไป ส่วนการประเมินโครงงานเพื่อตัดสินให้รางวัลในวันแสดงนิทรรศการ โครงงานส่วนใหญ่จะประเมินโดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากบุคคลภายนอกที่ได้รับเชิญ การประเมินไม่ว่าจะเพื่อวัตถุประสงค์ใด มีหลักเกณฑ์ส่วนใหญ่ที่คล้ายคลึงกัน

สำหรับเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินผลโครงงานวิทยาศาสตร์ อาจอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องโครงงานที่ทำ การพิจารณาตัดสินให้คะแนนในหัวข้อนี้ต้องคำนึงถึงระดับชั้น และอายุของนักเรียนด้วย ซึ่งอาจพิจารณาด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 หัวข้อโครงงานมีความเฉพาะเจาะจง และชัดเจนเพียงใด

1.2 ได้ค้นหาเอกสารอ้างอิงได้เหมาะสม และมีความเข้าใจในเรื่องที่อ้างอิงเพียงใด

1.3 มีความเข้าใจในหลักสำคัญ ๆ ของเรื่องที่ทำมากน้อยเพียงใด

1.4 ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการทำโครงงานนี้นอกเหนือจากที่เรียนตามหลักสูตรปกติมากน้อยเพียงใด

2. การใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงานหรือเทคนิคที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น

2.1 โครงงานประเภททดลองหรือการสำรวจรวบรวมข้อมูลการประเมินในข้อนี้ควรพิจารณาในด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 ปัญหาหรือสมมติฐานได้แถลงไว้ชัดเจนเพียงใด

2.1.2 การออกแบบการทดลองหรือการวางแผนเก็บข้อมูลทำได้อย่างรัดกุมเพียงใด

2.1.3. การวัดและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ทำได้ดีเพียงใด

2.1.4. การจัดกระทำและการนำเสนอข้อมูลทำได้อย่างเหมาะสมเพียงใด

2.1.5. การแปลผลเหมาะสมและตั้งบนรากฐานของข้อมูล

2.1.6. การบันทึกข้อมูลประจำวันเกี่ยวกับการทำโครงงานทำไว้เรียบร้อยเพียงใด

2.2 โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ การประเมินโครงงานในหัวข้อนี้พิจารณาดังนี้

2.2.1 วัสดุที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด

2.2.2 การออกแบบมีความเหมาะสมกับการงานที่ใช้เพียงใด เช่น ขนาด รูปร่าง ตำแหน่งของปุ่มที่ควบคุมต่าง ๆ ฯลฯ

2.2.3 ได้คำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานเพียงใด

2.2.4 การออกแบบได้คำนึงถึงความคงทนและการซ่อมบำรุงรักษามากน้อยเพียงใด

2.2.5 มีความประณีตเรียบร้อย สวยงามจูงใจผู้ใช้เพียงใด

2.2.6 เทคนิควิธีการที่ใช้เหมาะสมกับเทคโนโลยีที่ใช้ในปัจจุบันเพียงใด

2.3 โครงงานเชิงทฤษฎี การประเมินโครงงานในหัวข้อนี้อาจพิจารณาดังนี้

2.3.1 แนวความคิดมีความต่อเนื่องเพียงใด

2.3.2 แนวความคิดมีเหตุผลและมีความเป็นได้ได้มากน้อยเพียงใด

2.3.3 กติกาหรือข้อตกลงเบื้องต้นที่ใช้มีความเหมาะสมเพียงใด

3. การเขียนรายงาน การจัดแสดงโครงงาน และอธิบายปากเปล่า การประเมินโครงงานในหัวข้อนี้ เป็นการประเมินแบบต่าง ๆ ดังนี้

3.1 รายงานที่นักเรียนได้เขียนขึ้นต้องมีความเหมาะสมซึ่งอาจพิจารณาในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ความถูกต้องของแบบฟอร์ม ความชัดเจนและครอบคลุมของบทคัดย่อ ศัพท์ที่ใช้ ความชัดเจนและรัดกุมของภาษาที่ใช้ ความเหมาะสมของตาราง กราฟ รูปที่ใช้ประกอบ

3.2 การจัดแสดงโครงงานต้องทำได้อย่างเหมาะสม คำอธิบายที่เขียนไว้ในแผ่นโปสเตอร์ที่แสดง ชัดเจน และช่วยให้เข้าใจว่าทำโครงงานได้อย่างไร วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่นำมาแสดง จัดได้เหมาะสม ดึงดูดความสนใจ ช่วยให้เข้าใจงานได้ดีขึ้น

3.3 การอธิบายปากเปล่าอธิบายได้ชัดเจนรัดกุม ตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมและคล่องแคล่ว

3.4 ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การประเมินในข้อนี้ต้องคำนึงถึงระดับผู้ทำโครงงานคือเป็นความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และระดับสร้างสรรค์หรือความแปลกใหม่ในระดับที่ทำโครงงานไม่ใช่ระดับของผู้ประเมินโครงงาน ซึ่งอาจพิจารณาในหัวข้อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.4.1 ปัญหาหรือเรื่องที่ทำมีความสำคัญและมีความแปลกใหม่

3.4.2 ได้มีการดัดแปลง เปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมแนวความคิดที่แปลกใหม่ในการทำโครงงาน

3.4.3 มีการคิดและใช้วิธีคิดค้นเครื่องมือที่แปลกใหม่

3.4.4 มีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือที่ใหม่แปลก

3.4.5 มีการออกแบบ ประดิษฐ์ ดัดแปลง หรือใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แปลกใหม่ ในการทำโครงงาน

การวิจัยครั้งนี้ครูและนักเรียนเป็นผู้ประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุงการทำโครงงาน และสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนสามารถจัดทำโครงงานของตนเองได้อย่างเต็มตามศักยภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์

สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล (2545) ศึกษาลักษณะของการรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทของสังคมไทย ซึ่งงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 เป็นการสำรวจกรอบความคิดเห็นจากกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 8 คน และระยะที่ 2 เป็นการหาความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เทคนิคเดลฟาย จำนวน 14 คน โดยผลการวิจัยสรุปได้ว่า การรู้วิทยาศาสตร์หมายถึง การที่บุคคลสามารถเข้าใจในมวลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งสามารถนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมได้ และผลการพิจารณาเพื่อศึกษากรอบลักษณะการรู้วิทยาศาสตร์ ในบริบทของสังคมไทย ได้แก่ 1. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม 2. รู้และเข้าใจผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อสังคม 3. ควรปลูกฝังเรื่องค่านิยมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ 4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5. ทักษะทางคณิตศาสตร์ 6. การประยุกต์ใช้ทักษะและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 7. มีความรู้ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และรู้ข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ 8. มีความซาบซึ้งและเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์ 9.ใช้ผลความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยคำนึงถึงด้านจริยธรรมและคุณธรรม 10.เข้าใจปรากฏการณ์บางอย่างในโลก

Shwarthz *et al.* (2006) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาความสำเร็จในการรู้วิทยาศาสตร์ทางสาขาเคมีของนักเรียนเคมีในระดับชั้น เกรด 10-12 ในประเทศอิสราเอล โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้พัฒนามาจากพื้นฐานโครงสร้างทางทฤษฎี ซึ่งใช้วัดความสามารถของนักเรียน ในด้าน

ความสามารถในการจำแนกแนวคิดทางเคมี (norminal literacy) การให้คำจำกัดความหรืออธิบาย key-concept บางอย่าง (functional literacy) ใช้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางเคมีในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ (conceptual litaracy) และใช้ความรู้ทางเคมีในการอ่านและวิเคราะห์บทความจากวารสารหรือทาง internet (multi-dimensional literacy) ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในด้าน norminal literacy และ functional literacy แต่อย่างไรก็ตาม มีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่มีระดับของ literacy ที่สูงกว่านี้ ข้อมูลต่างๆที่ได้มาเหล่านี้เป็นประโยชน์และมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการออกแบบหลักสูตรการสอนแบบใหม่โดยมีการรู้วิทยาศาสตร์เคมีเป็นพื้นฐาน

Elliott (2006) ได้ศึกษาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคที่ออกแบบมาเพื่อพัฒนาและส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนิสิตศึกษาศาสตร์ จำนวน 19 คน เทคนิคนี้ประกอบด้วยการวิเคราะห์บทความในหนังสือพิมพ์ที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และสังคมเกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพ โดยวิธีการวิจัยนี้ นิสิตจะได้รับการแนะนำเรื่องเทคนิคการอ่านที่ช่วยประเมินค่าการรายงานข่าวของหนังสือพิมพ์ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และสังคม งานที่นิสิตทำใช้เป็นหลักฐานและแสดงให้เห็นว่า นิสิตเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์โดยสามารถที่จะวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับประเด็นต่างๆ เช่น ความสนใจของเรื่อง การมีอคติในการรายงานข่าว และการแสดงความเป็นวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย พบว่า เทคนิคการวิเคราะห์บทความทำให้นิสิตสามารถวิเคราะห์บทความในหลากหลายด้าน เช่น ความถูกต้อง ความเป็นกลาง กิจกรรมนี้สามารถพัฒนานิสิตให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ทำให้พวกเขาเข้าใจเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ธรรมชาติของการโต้แย้ง และวิถีทางในประเด็นที่ขัดแย้งต่างๆ ที่ได้ถูกนำเสนอต่อสาธารณะ

2. งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการสำรวจแนวคิดเรื่องภาวะโลกร้อน

Rye *et al.* (1997) งานวิจัยได้นำเสนอ การตรวจสอบแนวความคิดเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 24 คน จากระดับชั้น เกรด 6 - เกรด 8 โดยนักเรียนได้ทำแบบทดสอบและถูกสัมภาษณ์หลังจากได้รับฟังข้อมูลเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนจากทาง Science-Technology-Society (STS) global warming unit ได้ 2 สัปดาห์ ผลการวิจัยนั้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจว่า พื้นผิวของชั้นโอโซนและรังสี UV มีส่วนเกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อน นอกจากนี้นักเรียนประมาณครึ่งหนึ่งมีแนวคิดคลาดเคลื่อนว่า การที่ชั้นโอโซนเป็นรูโหว่ เป็นสาเหตุหลักในการเกิดภาวะโลกร้อน โดยมีนักเรียนเพียงบางส่วนเท่านั้น ที่เข้าใจถูกต้องสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ว่าสาเหตุของภาวะโลกร้อน มาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซเรือนกระจก แต่จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ค้นพบจากงานวิจัยนี้ ก็มีส่วนช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ชัดเจนว่าการเป็น

รูโหว่ของชั้นโอโซนและปัญหาภาวะโลกร้อนเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพราะการเกิดรูโหว่บริเวณชั้นโอโซนนั้น ไม่ได้มีส่วนในการเพิ่มปรากฏการณ์เรือนกระจก

Rye *et al.* (1997) จุดประสงค์ของการทำงานวิจัยนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลตอบรับที่เกิดจากวิธีการสัมภาษณ์ ที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ คือ แบบที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ concept-mapping (POSTICM) และไม่ใช้ (POSTI) โดยแบบที่ใช้แผนผังมโนทัศน์ สามารถพบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่อง สาร CFC กับบทบาทในการทำให้ชั้นบรรยากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนวิทยาศาสตร์ เกรด 8 จำนวน 34 คน ภายหลังจากที่นักเรียนได้รับฟังข้อมูลเกี่ยวกับหัวข้อเรื่องนี้แล้ว จึงถูกแบ่งกลุ่มออกไปรับการสัมภาษณ์อีกครั้ง และจากผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสัมภาษณ์แบบแผนผังมโนทัศน์ จะมีความสามารถในการตอบคำถามเกี่ยวกับเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดีและมีแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย

Anderson *et al.* (2000) งานวิจัยนี้ได้พยายามที่จะช่วยเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของนักเรียนที่มีต่อเรื่องสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยมีข้อคำถามว่า นักเรียนในระดับเกรด 9 (15-16 ปี) และเกรด 12 (18-19 ปี) จะอธิบายเกี่ยวกับเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก(greenhouse effect) อย่างไร มีความเข้าใจว่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อสังคมอย่างไร และจะสามารถอธิบายปัญหาเรื่องชั้นโอโซนเกิดรูโหว่ได้อย่างไร โดยวิธีการที่ใช้ในการประเมิน คือ การให้นักเรียนตอบคำถามจากงานที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งผลการศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจและมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องเหล่านี้ แต่คำตอบที่ได้จากงานวิจัยบางส่วนสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยได้

3. งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

จิรพรรณ แสงหล้า (2532) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่2 ก่อนและหลังใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 โรงเรียนบ้านกาดวิทยาคม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 18 คน ผลการวิจัย พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเข้าร่วมกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์

วนิดา ฉัตรวิราคม (2538) ได้ศึกษาการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์นักเรียน ผลการวิจัย พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงาน โดยสิ่งที่ทำมากที่สุดในแต่ละขั้น ดังนี้ ขั้นการสังเกตใช้ประสาทสัมผัสทางตา ขั้นการตั้งปัญหามีการระบุปัญหาด้วยตนเอง ขั้นตั้งสมมติฐานนักเรียนคาดเดาคำตอบด้วยตนเอง ขั้นการทดลองนักเรียนทำโดยไม่มีการวางแผนล่วงหน้าและมีการลงข้อสรุปในขั้นสรุปผลการทดลอง ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปใช้ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ คือ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส การคำนวณ การลงความคิดเห็นเชิงอภิปราย การจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมาย การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนน้อยกว่าร้อยละ25 ใช้ในการทำโครงงาน คือ การพยากรณ์และการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ณัฐพงศ์ ฉลาดแย้ม (2547) ได้ศึกษากิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 และศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น มีคะแนนประเมินความเหมาะสม 4.40 แปลความหมายว่า เหมาะสมมาก และกิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนมีความคิดที่เป็นอิสระ กล้าแสดงความคิดเห็น มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และมีแนวทางในการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ใช้รูปแบบวิธีการระดมสมอง กระบวนการกลุ่ม การตั้งคำถามกระตุ้น ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ เป็นวิธีการฝึกผู้เรียนให้เพิ่มพูนคุณลักษณะด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนรู้และหลังเรียนรู้ พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษางานวิจัย สรุปได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับต่ำ และนักเรียนมีแนวคิดเรื่องภาวะโลกร้อนที่คลาดเคลื่อนเป็นส่วนมากสำหรับการจัดการเรียนการสอนด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานวิจัยเล็กๆ และสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถช่วยพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดขั้นสูงของนักเรียนให้เพิ่มมากขึ้นได้

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. พลวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. คุณภาพงานวิจัย
7. จริยธรรมของการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้กระบวนการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง (Quasi- experimental) การวิจัยเชิงกึ่งทดลอง เป็นการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความเป็นเหตุและผลของตัวแปรเช่นเดียวกับการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีการจัดกระทำสิ่งทดลองอย่างน้อยหนึ่งสิ่งทดลองให้กลุ่มตัวอย่าง แต่การวิจัยเชิงกึ่งทดลองจะมีอำนาจการทดสอบความเป็นเหตุ และผลของตัวแปรต้น และตัวแปรตามต่ำกว่าการวิจัยเชิงทดลอง เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการ กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างของงานวิจัยไม่สามารถใช้วิธีการสุ่ม และกลุ่มตัวอย่างไม่เหมาะสมที่ผู้วิจัยจะนำมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ หรือไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมต่างๆ รวมทั้งไม่สามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้อย่างเคร่งครัด
(วสันต์ ทองไทย, 2549)

พลวิจัย

นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน ที่เรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ในภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

ระยะเวลาในการวิจัย คือ ตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ 2551-กุมภาพันธ์ 2552

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีระยะดำเนินการ 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การออกแบบชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง “ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ (มีนาคม-พฤษภาคม 2551)

วัตถุประสงค์ของระยะนี้ คือ เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งนำข้อมูลจากการศึกษาการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะ โลกร้อนของนักเรียน รวมทั้งการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรม

หลักการออกแบบ ชุดกิจกรรม การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะโลกร้อน โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์

1. ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน โดยใช้และเนื้อหาในเรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อนำไปออกแบบชุดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้ เอกสาร ทฤษฎีและแนวคิด ดังกล่าว ได้แก่

1.1 พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปเป็นกรอบแนวคิดในการกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ และสาระเนื้อหาที่จะพัฒนาเป็นกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.2 หนังสือและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องภาวะโลกร้อน ทั้งในด้านสาเหตุและปัจจัยในการเกิดภาวะโลกร้อน รวมทั้งแนวทางป้องกัน และแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อนำไปกำหนดขอบเขตของเนื้อหาที่จะใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

1.3 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ หลักการของโครงงานวิทยาศาสตร์คุณค่าและความสำคัญของโครงงานวิทยาศาสตร์ ประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ ขั้นตอนในการดำเนินโครงงานวิทยาศาสตร์ และการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปกำหนดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อน

2. สร้างชุดกิจกรรม การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง ภาวะโลกร้อนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์

3. นำชุดกิจกรรม การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง ภาวะโลกร้อนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ไปให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา

4. ปรับปรุงชุดกิจกรรม ตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5. นำชุดกิจกรรม การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง ภาวะโลกร้อน โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ไปให้ผู้เชี่ยวชาญโดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ และการวัดและการประเมินผลการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์ และอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน ที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเรื่องภาวะโลกร้อน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

6. นำชุดกิจกรรม การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง ภาวะโลกร้อน โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแล้วไปใช้กับพลวิจัย โดยขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน มีการจัดการประชุมก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในภาคที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ที่โรงเรียน ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้อง ได้ร่วมกันอภิปรายเนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน เวลาที่ใช้ สื่อการเรียนการสอน การวัดและการประเมินผล โดยในตอนท้ายของการประชุมผู้วิจัยอภิปรายถึงการเก็บข้อมูล บทบาทในฐานะผู้วิจัย และครูผู้สอน ในระหว่างการใช้ชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

ระยะที่ 2 การนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551 (ตุลาคม 2551-กุมภาพันธ์ 2552)

วัตถุประสงค์ของระยะนี้ คือ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับนักเรียน

ผู้วิจัยขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนแห่งเดิม ทำวิจัยเป็นระยะเวลา 2 ภาคเรียน หรือ 1 ปีการศึกษา โดยนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ ไปใช้จัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียน โดยผู้วิจัยติดต่อทางโรงเรียนเพื่อขอเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีอาจารย์หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นผู้ให้ความอนุเคราะห์และติดต่อประสานงานในเรื่อง วัน เวลา สถานที่ ที่นักเรียนสะดวกในการจัดกิจกรรม ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลในระยะที่ 2 นี้ มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยต่างๆ ดังนี้

1. แบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบสอบถามนี้ทั้งก่อนจัดการเรียนการสอน และหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อได้ข้อมูลมาเปรียบเทียบพัฒนาการของการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังผ่านการเรียนรู้เรื่องภาวะโลกร้อนจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

2. แบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยในการสังเกตพฤติกรรมอย่างมีส่วนร่วมนี้ จะทำการสังเกตขณะจัดการเรียนการสอนและทำกิจกรรมโครงงานของนักเรียน ซึ่งสิ่งที่สังเกตจะประกอบด้วย เหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น เช่น พฤติกรรมของนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน สภาพแวดล้อมของการจัดการเรียนการสอน เป็นต้น

3. แบบบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักเรียน โดยในการสัมภาษณ์นักเรียนนี้ผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนบางส่วนที่เขียนลงในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน และตรงกับคำตอบที่แท้จริงมากที่สุด และผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลนักเรียนในด้านความคิดเห็นในระหว่างจัดการเรียนการสอน และการทำกิจกรรมโครงงาน ซึ่งในการสัมภาษณ์นี้ผู้วิจัยใช้

การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ในเรื่องกระบวนการจัดการเรียนการสอน วิธีการสอน ความคิดเห็นและพฤติกรรมระหว่างการเรียน เนื้อหาและแนวคิดที่นักเรียนใช้ในการทำกิจกรรม

4. แบบบันทึกอนุทิน โดยให้นักเรียนเขียนบรรยายสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ในแต่ละครั้งที่มีการเรียนการสอน และสิ่งที่ได้เรียนรู้ในแต่ละสัปดาห์ จากการดำเนินการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

5. แบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจะใช้ประเมินผลงานของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ซึ่งก็คือ โครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง “ภาวะโลกร้อน” โดยผู้วิจัยจะประเมินโดยพิจารณาทั้งในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานกลุ่มอย่างร่วมมือร่วมใจ และสุดท้ายคือภาพรวมในความสำเร็จของงาน

เครื่องมือและการพัฒนาเครื่องมือ

1. แบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน

วัตถุประสงค์ของเครื่องมือชิ้นนี้ คือ เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่อง “ภาวะโลกร้อน”ของนักเรียนก่อนเรียนรู้และหลังเรียนรู้ ในระยะที่ 2

โดยผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ จึงทำให้ทราบว่า การรู้วิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1.ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาหรือแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Knowledge) 2. ด้านความตระหนักและการมีส่วนร่วม รวมทั้งมีการเผยแพร่ความรู้เหล่านั้นไปให้กับผู้อื่น (Engagement) 3. ด้านความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of science)

แล้วจัดทำแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน แบบเลือกตอบและเติมคำแบบสั้นๆ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ตอนที่ 2 สำรวจการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน 9 ข้อ

ตอนที่ 3 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน 2 ข้อ

ตอนที่ 4 สำรวจการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการตระหนักถึงความสำคัญและมี ส่วนร่วม ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน 2 ข้อ

ตอนที่ 5 สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 24 ข้อ

ให้เวลาในการตอบแบบสอบถาม 90 นาที

จากนั้นนำเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาแบบสอบถามเบื้องต้น และนำแบบสอบถามที่ได้รับข้อเสนอแนะไปแก้ไข ปรับปรุง แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

การทดลองใช้เครื่องมือ

ได้นำไปทดลองใช้ 2 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 38 ชุด เมื่อได้นำไป ทดลองใช้ในครั้งที่ 1 แล้ว มีการนำเสนอผลให้กับประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อีกครั้ง จึงนำไปสู่การแก้ไขและปรับปรุงแบบสอบถามอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากพบว่าคำถามบางข้อมีความซ้ำซ้อน เมื่อแก้ไขและปรับปรุงแบบสอบถามใหม่ตามข้อเสนอแนะแล้ว ได้นำไปทดลองใช้ในครั้งที่ 2 ต่อไป

ครั้งที่ 2 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 15 ชุด และเมื่อนำเสนอผลให้กับประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้ลงความเห็นสมควรที่จะนำแบบสอบถามนี้ ไปใช้กับพลวิจัยได้จริง

2. แบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

วัตถุประสงค์ของเครื่องมือชิ้นนี้ คือ เพื่อใช้เก็บรวบรวมข้อมูลในการสังเกตพฤติกรรมอย่างมีส่วนร่วม ขณะจัดการเรียนการสอนและทำกิจกรรมโครงงานของนักเรียน ทำให้ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนและจัดการเรียนรู้ได้ทราบข้อมูลซึ่งเป็นแนวทางในการให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และช่วยเหลือนักเรียนให้สามารถใช้ความรู้ จากการศึกษา สืบเสาะและค้นคว้า ของกลุ่มได้อย่างเต็มศักยภาพ จนนำไปออกแบบการทำโครงงานในหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนได้อย่างสร้างสรรค์ และมีประสิทธิภาพ ต่อไป

โดยผู้วิจัยศึกษาหลักการบันทึกข้อมูลจากการสังเกต เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จำเป็นต่อการบันทึกพฤติกรรมของนักเรียน จากนั้นสร้างแบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกต ซึ่งแบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนนี้จะประกอบด้วย รายละเอียดของ วัน เวลา สถานที่ที่บันทึก รายละเอียดของเหตุการณ์ต่างๆ เช่น พฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนการสอน และพฤติกรรมในทุกขั้นตอนของการทำกิจกรรมโครงงานของนักเรียน ตั้งแต่เริ่มคิด และเลือกหัวข้อที่จะศึกษา การวางแผน การลงมือทำโครงงานการทำรายงาน การแสดงผลงาน ความร่วมมือร่วมใจในกระบวนการกลุ่ม รวมถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ในระหว่างทำโครงงานวิทยาศาสตร์

จากนั้นนำแบบบันทึกนี้ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสมและนำแบบบันทึกกลับมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปใช้ในการวิจัยในภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551

3. แบบบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักเรียน

วัตถุประสงค์ของเครื่องมือชิ้นนี้ คือ เพื่อใช้เก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนบางส่วนที่เขียนลงในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน และตรงกับคำตอบที่แท้จริงมากที่สุด และผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลนักเรียนในด้านความคิดเห็นในระหว่างจัดการเรียนการสอนและการทำกิจกรรมโครงงาน ซึ่งในการสัมภาษณ์นี้ผู้วิจัยใช้การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ในเรื่องกระบวนการจัดการเรียนการสอน วิธีการสอน ความคิดเห็นและพฤติกรรมระหว่างการเรียน เนื้อหาและแนวคิดที่นักเรียนใช้ในการทำกิจกรรม

โดยผู้วิจัยศึกษาหลักการบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จำเป็นต่อการสัมภาษณ์นักเรียน กำหนดจุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ จากนั้นสร้างแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง นำแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างนี้ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อพิจารณาและนำแบบสัมภาษณ์กลับมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปใช้ในการวิจัย ในภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551

4. แบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

วัตถุประสงค์ของเครื่องมือชิ้นนี้ คือ ใช้ประเมินผลงานของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ซึ่งก็คือ โครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่อง“ภาวะโลกร้อน”

โดยผู้วิจัยศึกษาหลักการ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่จำเป็นต่อการประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ แล้วจึงออกแบบและสร้างแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งแบบประเมินโครงงานจะประกอบด้วยเกณฑ์ต่างๆ ดังนี้ ความรู้ความเข้าใจในเรื่องโครงงานที่ทำ ความเหมาะสมของโครงงานกับปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน การใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงงานหรือเทคนิคที่ใช้ในการประดิษฐ์คิดค้น การเขียนรายงาน การแสดงผลงาน ผลสำเร็จของงานที่ออกมาในรูปของชิ้นงานหรือผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลและการให้ข้อสรุป ดังนั้นจึงถือว่าเป็นแบบประเมิน ที่ใช้ประเมินการทำโครงงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ ทั้งนี้จะได้เป็นการกระตุ้น และเป็นแรงบันดาลใจให้นักเรียนเกิดความคิด ความพยายามในการพัฒนาโครงงานของตนเองในครั้งต่อไป

จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์นี้ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อพิจารณาความเหมาะสม และนำแบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์นี้กลับมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ก่อนนำไปใช้ในการวิจัยในภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551

แบบประเมินโครงงานนี้ ผู้วิจัยจะใช้ในการประเมินใน 2 แบบ คือ นักเรียนเป็นผู้ประเมิน และผู้วิจัยเป็นผู้ประเมิน ซึ่งสำหรับการประเมินในส่วนของนักเรียนนั้น จะได้เป็นผู้ประเมินใน 2 ลักษณะ คือ

1. นักเรียนประเมินการทำโครงงานกลุ่มของตนเอง

2. เปิดโอกาสให้ประเมินโครงงานของเพื่อนกลุ่มอื่นๆ ตอนนำเสนอผลงาน

โดยทั้งครูและนักเรียนจะได้ทำการประเมิน 2 ช่วง คือ

1. ช่วงการวางแผนโดยจากการนำเสนอโครงร่างโครงงาน

2. ตอนการนำเสนอโครงงานของนักเรียนที่สมบูรณ์ในตอนสุดท้าย

โดยเหตุผลของการประเมินโครงงานของนักเรียนในช่วงการนำเสนอเค้าโครงนั้น เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ นักเรียนทราบแนวทางและข้อเสนอแนะในการทำโครงงานตามเค้าโครง จากการประเมินทั้งจากเพื่อนและผู้วิจัย และนำไปดำเนินการตรวจสอบพิจารณาแก้ไขปรับปรุงโครงงานของตนเองให้มีคุณภาพครอบคลุมตามหัวข้อแบบประเมิน และจัดทำโครงงานที่มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

และการประเมินอีกครั้ง ตอนรายงานโครงงาน ซึ่งผู้ประเมินก็มีทั้งผู้วิจัยและเพื่อนนักเรียนในกลุ่มอื่นๆ และมีการสนับสนุนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเผยแพร่ความรู้และวิธีการต่างๆ โดยแสดงผลงานของตนเอง กับชุมชน และท้องถิ่น ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน

จะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

ซึ่งในส่วนที่ 1 นี้จะประกอบด้วยข้อมูล จากแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 สำรวจการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

ในส่วนที่ 1 นี้ ในตอนแรกจะนำข้อมูลที่ได้จากทุกข้อมาพิจารณาและมาจัดกลุ่มคำตอบ โดยนำข้อมูลจากทุกส่วนมาเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อมูลภายใต้ประเด็นหรือคำสำคัญที่เกิดขึ้นจากข้อมูลซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำย่อยภายใต้คำสำคัญ

จากนั้นนำกลุ่มคำตอบในแต่ละข้อที่แบ่งได้มาจัดกลุ่มตามประเภทแนวคิด ตามกรอบแนวคิดของ Michael R. Abraham

ส่วนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล ตามองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ข้อมูลที่เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)

ซึ่งในด้านนี้จะประกอบด้วยข้อมูล จากแบบสอบถาม

ตอนที่ 3 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน

ในด้านที่ 1 นี้ ในตอนแรกจะนำข้อมูลที่ได้จากทุกข้อมาพิจารณาและมาจัดกลุ่มคำตอบ โดยนำข้อมูลจากทุกส่วนมาเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อมูลภายใต้ประเด็นหรือคำสำคัญที่เกิดขึ้นจากข้อมูลซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำย่อยภายใต้คำสำคัญ

จากนั้นนำกลุ่มคำตอบในแต่ละข้อที่แบ่งได้มาจัดกลุ่มตามประเภทแนวคิด ตามกรอบแนวคิดของ Michael R. Abraham เพื่อจัดกลุ่มคำตอบ ออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง ครบถ้วน (Sound understanding : SU)

2. กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน (Partial understanding : PU)

3. กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน และมีบางส่วนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อน (Partial understanding with Specific Misconception : PUSM)

4. กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (Specific Misconception : SM)

5. กลุ่มคำตอบที่ไม่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เลย (No Understanding : NU)

ด้านที่ 2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน(Engagement)

ซึ่งในด้านนี้จะวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบสอบถาม

ตอนที่ 4 สำรวจการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการตระหนักถึงความสำคัญและมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน

ด้านที่ 3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(Nature of Science)

ซึ่งในด้านนี้จะวิเคราะห์ข้อมูล จากแบบสอบถาม

ตอนที่ 5 สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สำหรับในด้านที่ 2 และ ด้านที่ 3 นี้ จะนำข้อมูลที่ได้จากทุกข้อมาพิจารณาและมาจัดกลุ่มคำตอบ โดยนำข้อมูลจากทุกส่วนมาเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อมูลภายใต้ประเด็นหรือคำสำคัญที่เกิดขึ้นจากข้อมูลซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำย่อยภายใต้คำสำคัญ

จากนั้น จะวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมโดยคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้านจากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = คะแนนเฉลี่ยในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนทั้งหมด

$\sum X$ = คะแนนข้อ 1 รวมกับคะแนนข้อ 2 คะแนน) ของนักเรียนทุกคน

N = จำนวนนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 42 คน

และนำคะแนนเฉลี่ยที่ได้ทั้ง 3 ด้าน คิดเป็นร้อยละ เพื่อประเมินพัฒนาการการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน

โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามนี้ จะมี เพื่อนร่วมวิจัย คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ ร่วมวิเคราะห์และตรวจสอบ ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์นั้นน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยผู้วิจัยนำผลการวิเคราะห์นี้ให้คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาลงความคิดเห็นต่อการวิเคราะห์การจำแนกแนวคิดของนักเรียนว่าเห็นด้วยหรือไม่กับการตีความของผู้วิจัย พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยจะนำมาหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัยกับผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เกณฑ์2 ใน 3 โดยแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนนี้ จะมีการนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทั้งก่อนเรียนรู้และหลังเรียนรู้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากผ่านการเรียนรู้เรื่องภาวะโลกร้อนจากโครงงานวิทยาศาสตร์ และนำมาศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสรุปผล

2. แบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน

นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์ มาศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด เพื่อสามารถนำมาจัดจำแนกกลุ่ม และศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสรุปข้อมูล

3. แบบบันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียน

ข้อมูลจากการสัมภาษณ์จะมีการบันทึกเทป ผู้วิจัยนำมาถอดเทป โดยกำหนดรหัสแทนชื่อจริงของนักเรียน จำแนกหัวข้อและยกตัวอย่างบทสัมภาษณ์ประกอบ จากนั้นให้ครูและนักเรียนตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ เพื่อความถูกต้องของข้อมูล แล้วสรุปประเด็นหลัก จัดกลุ่ม

ข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูล ตรวจสอบสามเส้า(Triangulation) ด้วยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้วิธีรวบรวมข้อมูลต่างๆ และจากหลายๆ แหล่ง แล้วสร้างข้อสรุป

4. อนุทินของนักเรียน

นำข้อมูลที่ได้มากำหนดรหัสเพื่อจำแนกข้อมูลตามหัวข้อต่างๆ เช่น ความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน พฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างทำกิจกรรมโครงงาน การเรียนรู้ที่เกิดขึ้น ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ แล้วเชื่อมโยงข้อมูลตามความสัมพันธ์และสรุปผลข้อมูล

5. ผลงานของนักเรียน

เป็นการรวบรวมผลงานทุกอย่างของนักเรียนตั้งแต่เริ่มจัดการเรียนการสอนเรื่องภาวะโลกร้อน โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินพัฒนาการการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน โดยเก็บรวบรวมงานหรือหลักฐาน อันได้แก่ รายงาน และชิ้นงานของนักเรียน จากการทำกิจกรรมโครงงานในหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องประเมินให้ครอบคลุม ตั้งแต่การวางแผนและการเตรียมการ การดำเนินกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ และผลสำเร็จของงานที่ออกมาในรูปของชิ้นงานหรือผลการทดลองและข้อสรุป เป็นกิจกรรมการทำงานตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ โดยผู้วิจัยจะพิจารณาทั้งในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ และสุดท้ายคือภาพรวมในความสำเร็จของงาน โดยมีการบันทึกวีดีทัศน์แล้วนำมาวิเคราะห์

คุณภาพงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เข้าไปอยู่ในโรงเรียนตั้งแต่เดือน พฤษภาคม 2551-กุมภาพันธ์ 2552 ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลานานพอที่จะแน่ใจว่าได้ข้อมูลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือ ผ่านการสังเกตอย่างจริงจังเพื่อให้เข้าใจคุณลักษณะสำคัญ ที่เกิดขึ้น พร้องทั้งทำความเข้าใจในความหมายของเหตุการณ์ต่างๆ รวมทั้งมีการแลกกันตรวจสอบข้อมูลระหว่างเพื่อนผู้ร่วมวิจัย เพื่อดูความถูกต้องและชัดเจนของข้อมูล มีการร่วมปรึกษาหารือเกี่ยวกับแนวทางการวิจัย แก้ไขปัญหาต่างๆ ซึ่งกันและกันและมีสารสนเทศที่ครอบคลุมเพียงพอ ทั้งเอกสาร รูปภาพ เทป วีดีโอ ฯลฯ โดยสารสนเทศต่างๆ เหล่านี้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องเป็นระยะจากผู้เกี่ยวข้องทุกขั้นตอนก่อนใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง การวิจัยครั้งนี้ยังมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์จากภายนอก โดยนำผล

การวิเคราะห์ให้ผู้เชี่ยวชาญอ่านและให้ลงความเห็น เพื่อเสริมความเชื่อถือและไว้วางใจในคุณภาพของการวิจัยอีกทางหนึ่ง

ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการยืนยันข้อมูล โดยอาศัยแง่มุมที่หลากหลายเพื่อช่วยอธิบายเหตุการณ์หรือพฤติกรรมที่ซับซ้อนได้เที่ยงตรงยิ่งขึ้น (ผ่องพรรณ ตรัยมงคล และ สุภาพ ฉัตราภรณ์, 2545) การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้การตรวจสอบข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูล (Triangulation of Sources) ภายใต้วิธีการสัมภาษณ์ โดยสัมภาษณ์คนต่างกลุ่มต่างสถานะในเรื่องเดียวกัน เป็นต้น

ส่วนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือของการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนิยามของการรู้วิทยาศาสตร์ จึงทำให้ทราบว่า การรู้วิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ 1.ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา หรือแนวคิดต่างๆ ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Knowledge) 2. ด้านความตระหนัก และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้อง ความสามารถในการแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง ประเมินค่า วิเคราะห์ วิจารณ์ประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (Engagement) 3. ด้านความรู้ความเข้าใจในเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Nature of science) จากนั้นจึงได้สร้างข้อคำถามตามองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อจัดทำแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ผู้วิจัยได้นำเสนอแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อพิจารณาตรวจสอบแบบสอบถามเบื้องต้น ซึ่งต่อมา ผู้วิจัยก็ได้นำข้อเสนอแนะไปแก้ไขปรับปรุงแบบสอบถามให้มี ความชัดเจน กระชับ และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามนี้ไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย2 ครั้ง เนื่องจากเมื่อนำไปทดลองใช้ในครั้งแรก และพบว่า คำถามในแบบสอบถามบางข้อยังมีความซ้ำซ้อน จึงได้นำไปปรับแก้ และตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญใหม่อีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปทดลองใช้เป็นครั้งที่2 กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยในครั้งที่2 นี้ เป็นนักเรียนคนละกลุ่มกับที่นำแบบสอบถามไปทดลองใช้ในครั้งแรก

จริยธรรมของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตกับทางโรงเรียนล่วงหน้า เพื่อขอเก็บข้อมูลในการทำงานวิจัย และผู้วิจัยได้รับความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูล คือครูผู้สอน และนักเรียน โดยในการขอความร่วมมือนั้นปราศจากการบังคับ และการจูงใจ ใดๆ ดังนั้นผู้ให้ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ จึงเกิดมาจากความสมัครใจ ของพลวิจัย ที่ได้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น การสังเกต การสัมภาษณ์ การบันทึกเสียง หรือบันทึกวีดีโอเทปก็ตาม ผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากผู้ที่ให้ข้อมูลก่อนลงมือเก็บข้อมูลทุกครั้ง โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงและให้ข้อมูลที่ชัดเจนแก่พลวิจัย ในเรื่อง จุดประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล สาระสำคัญของเรื่องที่ทำวิจัย ความร่วมมือที่ผู้วิจัยต้องการจะได้รับจากแหล่งข้อมูล เหตุผลและวิธีการที่ผู้วิจัยใช้ในการเลือกพวกเขาเป็นพลวิจัย ในกรณีที่เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ ผู้วิจัยมีการให้ผู้ถูกวิจัยตรวจสอบข้อมูลด้วยตนเองอีกครั้ง รวมทั้งไม่มีการระบุชื่อบุคคล หรือสถานที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล และมีใช้ชื่อสมมติและให้รหัสแทนชื่อ ถ้ามีการบันทึกภาพวิดีโอ ผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยใบหน้าของบุคคลที่ให้ข้อมูล ไม่เปิดเผยสถานที่ต่างๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อรักษาความลับของแหล่งข้อมูลเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดกับแหล่งข้อมูลอันเนื่องมาจากการให้ความร่วมมือในการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” โดยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ ดังรายละเอียดตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 บริบทของโรงเรียน

- 1.1 สภาพห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์
- 1.2 ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน
- 1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้

- 2.1 การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน
- 2.2 ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)
  - 2.2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน
  - 2.2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน
- 2.3 ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)
  - 2.3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน
  - 2.3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน
- 2.4 ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)
- 2.5 สรุปการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้
- 2.6 อภิปรายและวิจารณ์ผล

ตอนที่ 3 การนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่องภาวะโลกร้อน ไปใช้

- 2.1 ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน
- 2.2 ผลงานของนักเรียน

ตอนที่ 4 การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” ของนักเรียน

4.1 การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

4.2 ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)

4.2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

4.2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน

4.3 ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)

4.3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

4.3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน

4.4 ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

4.5 สรุปการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน

4.6 อภิปรายและวิจารณ์ผล

ตอนที่ 1 บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนที่ผู้วิจัยจัดการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ประเภทสหศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานนทบุรี สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ เปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีทั้งหมด 66 ห้องเรียน โดย ม. ต้น มี 36 ห้องเรียน ม.ปลายมี 30 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน ครูอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ของโรงเรียน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนนักเรียน อาจารย์ และเจ้าหน้าที่

สถานภาพ	จำนวน (คน)
1. นักเรียน	3,067 คน
2. ข้าราชการครูและครูอัตราจ้าง	168
3. ลูกจ้างประจำและนักการภารโรง	13

หมายเหตุ: ข้อมูล ณ วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2552

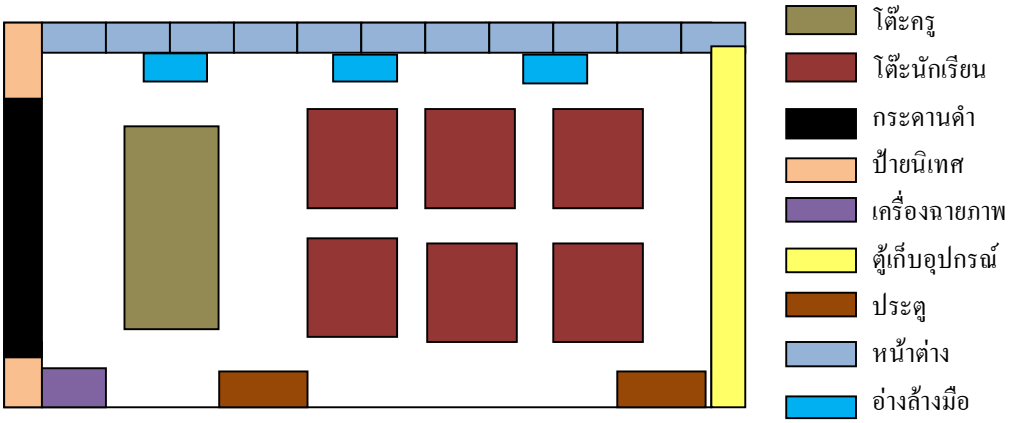
ที่มา: คู่มือนักเรียนของโรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดนนทบุรี

โรงเรียนแห่งนี้มีอาณาเขตพื้นที่จำนวน 20 ไร่ 1 งาน 96 ตารางวา ประกอบด้วยอาคารเรียน 5 หลัง ดังนี้ อาคารเรียนเฉลิมพระเกียรติ 7 ชั้น 1 หลัง อาคารเรียนกึ่งถาวร 1หลัง อาคารศิลปะ 1 หลัง อาคารฝึกงาน 1 หลัง อาคารเอนกประสงค์ 1หลัง และศูนย์กีฬา 1 หลัง นอกจากนี้ภายในบริเวณโรงเรียนยังมีสนามกีฬากลางแจ้ง สวนพฤกษศาสตร์ ฯลฯ บริเวณชุมชนโดยรอบเอื้อต่อการเป็นแหล่งการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอน เรื่องภาวะโลกร้อน เพราะ เป็นโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในย่านชุมชนเมือง ใกล้ห้างสรรพสินค้า ตลาด หน่วยงานราชการ แหล่งคมนาคมขนส่ง ดังนั้นชุมชนจึงมีปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาภาวะโลกร้อน อย่างมาก เช่น ปัญหาการจราจรแออัด ปัญหามลพิษ ปัญหาทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรม ปัญหาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เป็นต้น

โรงเรียนดังกล่าวที่ผู้วิจัยเข้าไปจัดการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์นี้ บริบทของโรงเรียนมีความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตลอดจนมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนครบครัน นักเรียนสามารถค้นคว้าในห้องสมุดและห้องบริการคอมพิวเตอร์ของโรงเรียน อันเอื้อต่อการเป็นแหล่งการเรียนรู้และพัฒนาศักยภาพของนักเรียน

1. สภาพห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์

ห้องที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ ตั้งอยู่บริเวณอาคาร 5 ชั้น 5 มีประตู 2 บาน มีแสงสว่างเพียงพอ เนื่องจากมีหน้าต่างเป็นกระจกใสตลอดความยาวห้อง อากาศถ่ายเทสะดวก ห้องเรียนมีขนาดกว้างพอเหมาะกับจำนวนผู้เรียน หน้าห้องมีโต๊ะครู 1 ตัว ภายในห้องมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น เครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์ โทรทัศน์ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนผังห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

(ก)

(ข)

ภาพที่ 4 สภาพห้องเรียนที่ใช้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์

2. ข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน (42 คน) ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของนักเรียน โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า นักเรียนมีอายุเฉลี่ย 16 ปี โดยมีอายุ 15 ปี ร้อยละ 42.86 และอายุ 16 ปี ร้อยละ 57.14 แบ่งเป็นเพศชายร้อยละ 28.57 และเพศหญิงร้อยละ 71.43 นักเรียนทั้งหมดสังกัดแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับผลการเรียนระหว่าง

3.00-3.50 คิดเป็นร้อยละ 64.29 รองลงมาร้อยละ 26.19 มีระดับผลการเรียน 3.50-4.00 และร้อยละ 9.52 มีระดับผลการเรียน 2.50-3.00 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของนักเรียน (พลวิจัย)

(N=42)

ประเด็น	สถานภาพ	ร้อยละ
1. เพศ	ชาย	28.57
	หญิง	71.43
2. อายุ	15 ปี	42.86
	16 ปี	57.14
3. แผนการเรียน	วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์	100
4. ระดับผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPA)	3.51 - 4.00	26.19
	3.01 - 3.50	64.29
	2.51 - 3.00	9.52

จากระดับผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPA) แสดงให้เห็นว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง มีระดับความรู้ และความสามารถจัดอยู่ในเกณฑ์ดี ถึงดีเยี่ยม

3. ข้อมูลเกี่ยวกับรายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

รายวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน ประเภทกิจกรรมพัฒนาศักยภาพ (โครงงาน) เป็นรายวิชาสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) และช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6) โดยในช่วงชั้นที่ 4 นั้น วิชาโครงงานเป็นรายวิชาสำหรับนักเรียนทุกแผนการเรียน จึงมีการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนทุกห้องและทุกระดับชั้นทั้งในภาคเรียนที่ 1 และภาคเรียนที่ 2 มีหน่วยการเรียน จำนวน 1 หน่วยกิต ใช้เวลาเรียน 1 คาบต่อสัปดาห์ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 40 คาบ การวัดและประเมินผล มีการให้คะแนนจากผลงานของนักเรียน การส่งรายงาน การนำเสนอผลงาน การทำกิจกรรม และการเข้าชั้นเรียน โดยให้ระดับผลการประเมินเป็น “ผ่าน” และ “ไม่ผ่าน”

ตอนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” ของนักเรียน ก่อนจัดการเรียนรู้

1. การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน
2. ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)
   2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน
   2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน
3. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)
   3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน
   3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน
4. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)
5. สรุปการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้
6. อภิปรายและวิจารณ์ผล

1 การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 2 มีคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนทั้งหมด 9 ข้อ ซึ่งให้นักเรียนระบุว่าเคยได้ยินคำสำคัญเหล่านั้นหรือไม่ โดยหากนักเรียนเคยได้ยินนักเรียนต้องอธิบายคำจำกัดความคำสำคัญเหล่านั้นตามความเข้าใจของตนเอง

คำถาม 1. ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ก๊าซเรือนกระจกเป็นก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ คือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ และก๊าซโอโซน ถ้าก๊าซเรือนกระจกมีมากเกินไปจะดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและกักเก็บรังสีความร้อนเอาไว้ในโลก ทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น(Houghton, 1997)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 7.14 (3 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 92.86 (39 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความเข้าใจคำสำคัญก๊าซเรือนกระจกของนักเรียน

(N = 39/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (23.81)	1. ไม่อธิบาย (19.05)	-
	2. ตอบทวนคำถาม (4.76)	“ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซเรือนกระจก” (M4203)
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (33.33)	SM 1 (14.28)	“ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่ไปทำลายชั้นโอโซนของโลกทำให้ชั้นโอโซนถูกทำลายเป็นวงใหญ่ แสงอาทิตย์และรังสีต่างๆส่องเข้ามาบนพื้นโลกและสะท้อนกลับไม่หมด ทำให้โลกร้อนขึ้น” (F4223) “เป็นก๊าซที่ทำลายก๊าซโอโซน” (M4216)
	SM2 (16.67)	“เกิดจากไอความร้อนที่กระทบมายังโลกสะท้อนกลับไม่ได้” (F4231)
	SM 3 (2.38)	“ปรากฏการณ์ที่โลกเผชิญปัญหาเกิดจากความร้อนและรังสีในโลกมาก” (F4213)
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (11.91)	PUSM1 (7.14)	“พวกก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ CFC” ที่ทำลายชั้นโอโซน (F4225)
	PUSM2 (4.76)	“ก๊าซที่ทำให้โลกมีความร้อนสูงขึ้น เนื่องจากก๊าซได้สะท้อนไปนอกโลกไม่ได้” (F4205)
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (23.81)	PU1 (11.91)	“ก๊าซที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน” (M4228)
	PU2 (4.76)	“เป็นก๊าซที่รวมตัวกันอยู่บนชั้นบรรยากาศ” (M4227)
	PU3 (7.14)	“เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากโรงงานหรือรถยนต์ ที่สะสมอยู่ในอากาศ” (F4208)
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (0)	-	-

จากตารางที่ 3 พบว่า มีนักเรียนเคยได้ยินคำว่าก๊าซเรือนกระจก ถึง ร้อยละ 92.86 (39 คน) แต่เมื่อพิจารณาคำจำกัดความแล้ว พบว่า นักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน ไม่มีคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) โดยนักเรียน ร้อยละ 23.81 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และนักเรียน ร้อยละ11.91 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) และนักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 33.33 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM)

คำถาม 2. น้ำแข็งขั้วโลกละลาย (Ice glaciers melting)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ น้ำแข็งที่อยู่บนพื้นดินและพื้นน้ำเกิดการหลอมเหลว เนื่องจากอากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Hougton, 1997 and Hardy, 2003)

จากคำสำคัญนี้ พบว่านักเรียนทั้งหมด ร้อยละ 100 (42 คน) เคยได้ยินคำนี้ โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเข้าใจคำสำคัญน้ำแข็งขั้วโลกละลายของนักเรียน

(N = 42/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (16.67)	ไม่อธิบาย (16.67)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) 0	-	-
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (2.38)	PUSM (2.38)	“แสงอาทิตย์ร้อนมากขึ้นทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย” (M4233)
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (14.28)	PU1 (4.76)	“น้ำแข็งทางขั้วโลกเหนือและใต้เริ่มละลายรวมกับน้ำทะเล” (F4235)
	PU2 (9.52)	”น้ำแข็งขั้วโลกมีขนาดความหนาลดลง และน้ำทะเลสูงขึ้น” (F4240) “น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลายทำให้น้ำในมหาสมุทรเพิ่มมากขึ้น” (F4225)

ตารางที่ 4 (ต่อ)

(N = 42/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (66.67)	SU1 (4.76)	“มีก๊าซเรือนกระจก ทำให้โลกร้อน จนน้ำแข็งขั้วโลกละลาย (F4223)
	SU2 (61.91)	“โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้บรรยากาศรอบๆ โลกสูงขึ้น แล้วส่งผลให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย” (F4205) “น้ำแข็งขั้วโลกละลาย เนื่องจากภาวะโลกร้อน” (M4203)

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนทั้งหมดเคยได้ยินคำว่าน้ำแข็งขั้วโลกละลาย ร้อยละ 100 และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความแล้ว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.67 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) ส่วนนักเรียน ร้อยละ 14.28 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และมีนักเรียนเพียงร้อยละ 2.38 ที่มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) ส่วนนักเรียนอีก ร้อยละ 16.67 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 3. ปะการังฟอกขาว (Coral Reef Bleaching)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เกิดขึ้นเมื่อน้ำทะเลมีอุณหภูมิสูงขึ้น ปะการังจะขับสาหร่ายเซลล์เดียวออกมา เนื่องจากปะการังจะอาศัยอยู่รวมกันกับสาหร่ายเซลล์เดียวขนาดเล็ก ที่เรียกว่า "ซูแซนเทลลี (Zooxanthelle)" ซึ่งสาหร่ายนี้จะอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นในของปะการัง และช่วยสร้างสีสันให้แก่ปะการังที่มันอาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังสังเคราะห์แสงให้พลังงานแก่ปะการังอีกด้วย เมื่อไม่มีพวกมันปะการังก็ไร้สีสัน เป็นเพียงเนื้อเยื่อใสๆ ซึ่งเป็นสีสันที่แท้จริงของปะการัง ที่มีสีขาวของโครงสร้างหินปูน และไม่แข็งแรงเหมือนเดิมอีกต่อไป (Hardy, 2003)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 83.33 (35 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 16.67 (7 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้าใจคำสำคัญปะการังฟอกขาวของนักเรียน

(N = 7/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (9.53)	1. ไม่ตอบ (9.53)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (4.76)	SM1 (2.38)	"เกิดจากการที่มีกรดในทะเลเพิ่มมากขึ้น" (F4236)
	SM2 (2.38)	"ปะการังปรับสภาพไม่ได้ตามสีของน้ำ" (F4205)
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (2.38)	PUSM (2.38)	"เกิดจากน้ำทะเลร้อนขึ้นไหลเข้ามาผสมน้ำทะเลเย็น ทำให้ปะการังตายและกลายเป็นสีขาว" (F4223)
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (0)	-	-
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (0)	-	-

จากตารางที่ 5 พบว่า มีนักเรียน ร้อยละ 83.33 (35 คน) ไม่เคยได้ยินคำนี้ และมีนักเรียนเพียง ร้อยละ 16.67 (7 คน) ที่เคยได้ยิน และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนที่เคยได้ยินแล้ว พบว่า ไม่มีคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) โดยนักเรียน ร้อยละ 2.38 มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) ส่วนนักเรียน ร้อยละ 4.76 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และนักเรียน ร้อยละ 9.53 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 4. พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นข้อตกลงของนานาชาติในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ ก๊าซในกลุ่มไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (HFCs) และเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) เป็นข้อผูกพันทางกฎหมายซึ่งมีผลบังคับให้ประเทศที่พัฒนาแล้ว 150 ประเทศทั่วโลก ได้ลงนามในสัตยาบันในการร่วมมือกันช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิด นี้ ประเทศอุตสาหกรรม 40 ประเทศ จะต้องลดการปล่อย 5.2% เมื่อเทียบปี พ.ศ. 2553 กับปี พ.ศ. 2533 (Hardy, 2003)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 95.24 (40 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 4.76 (2 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความเข้าใจคำสำคัญพิธีสารเกียวโตของนักเรียน

(N = 2/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (0)	-	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (2.38)	SM (2.38)	"เป็นการทำสัญญาเพื่อลดใช้สารเคมี" (M4236)
มีแนวคิดถูกบางส่วน และมีบางส่วนที่ คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-
แนวคิดถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน (PU) (2.38)	PU (2.38)	"เป็นสัญญาของประเทศผู้นำอุตสาหกรรมใหญ่ เช่น ญี่ปุ่น แต่มีประเทศเดียวที่ไม่ยอมทำสัญญาคือ สหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศที่ทำอุตสาหกรรมใหญ่มากด้วย" (F4213)
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (0)	-	-

จากตารางที่ 6 พบว่า มีนักเรียนเพียง ร้อยละ 4.76 (2 คน) ที่เคยยินคำนี้ และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนที่เคยได้ยิน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 2.38 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ส่วนนักเรียนอีก ร้อยละ 2.38 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM)

คำถาม 5. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอากาศ ซึ่งเกิดจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิสูงขึ้น คลื่นความร้อนรุนแรงขึ้น น้ำท่วม เกิดพายุ เกิดภัยแล้ง และภัยพิบัติต่างๆ เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น โดยจะพิจารณาจากผลเฉลี่ยในระยะยาว เนื่องจากส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศบ่อยครั้งและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น (Houghton, 1997)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 14.29 (6 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 85.71 (36 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความเข้าใจคำสำคัญการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของนักเรียน

(N = 36/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (28.57)	ไม่อธิบาย (28.57)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (2.38)	SM (2.38)	“การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศเกิดจากชั้นบรรยากาศโลกมีการเปลี่ยนแปลงไป” (M4209)
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (26.19)	PU1 (11.91)	“เป็นการเปลี่ยนแปลงของอากาศในแต่ละฤดู” (F4240)
	PU2 (4..76)	“การที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป” (F4231) “อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิต“ (F4213)
	PU3 (2.38)	“เกิดจากสภาวะโลกร้อน” (M4224)
	PU4 (7.14)	“ทำให้เกิดภัยพิบัติต่างๆ” (M4207)
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (28.57)	SU (28.57)	“การที่สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงจากอดีต” (F4238)

จากตารางที่ 7 พบว่า มีนักเรียนที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 85.71 (36 คน) และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 28.57 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) และนักเรียน ร้อยละ 26.19 มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และมีนักเรียนเพียง ร้อยละ 2.38 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) ส่วน นักเรียนอีก ร้อยละ 28.57 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 6. Recycle

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการวัสดุเหลือใช้ โดยนำไปผ่านกระบวนการแปรสภาพ โดยเฉพาะการหลอม เพื่อให้กลายเป็นวัสดุใหม่ แล้วนำกลับมาใช้ได้อีก ถือเป็นการหมุนเวียนการใช้ ซึ่งวัสดุนั้นอาจจะเป็นผลิตภัณฑ์เดิมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ก็ได้(กระทรวงพลังงาน, 2549)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 14.29 (6 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 85.71 (36 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความเข้าใจคำสำคัญ Recycle ของนักเรียน

(N = 36/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (16.67)	ไม่อธิบาย (16.67)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (16.67)	SM1 (2.38)	"เศษวัสดุที่ใช้แล้ว" (F4235)
	SM2 (14.29)	"นำของที่ไม่ใช้แล้วกลับมาดัดแปลงให้ใช้ได้ใหม่" (F4208) "เป็นการนำอุปกรณ์ที่ไม่ใช่แล้วนำมาประยุกต์ใช้ใหม่" (F4240)
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (4.76)	PUSM (4.76)	"นำของเหลือใช้มาทำใหม่ให้ดีกว่า" (F4210) "การนำกลับมาใช้ใหม่โดยได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่" (M4216)
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (0)	-	-
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (47.61)	SU (47.61)-	"การนำสิ่งของที่เราไม่ใช้หรือทิ้งไปแล้วกลับมาแปรรูปใหม่ให้กลับมาใช้ได้เหมือนเดิม" (F4214) "นำวัสดุเดิมมาผลิตใหม่" (F4215)

จากตารางที่ 8 พบว่า มีนักเรียนที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 85.71 (36 คน) และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 47.61 มีแนวคิดถูกต้อง

ครบถ้วน (SU) และนักเรียน ร้อยละ 4.76 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) นักเรียน ร้อยละ 16.67 ที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และอีก ร้อยละ 16.67 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 7. Reuse

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้อีก โดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปหรือแปรสภาพใดๆ เช่น การใช้กระดาษA4 สองหน้า เป็นต้น (กระทรวงพลังงาน, 2549)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 54.76 (23 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 45.24 (19 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ความเข้าใจคำสำคัญ Reuse ของนักเรียน

(N = 19/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (9.53)	ไม่อธิบาย (9.53)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (0)	-	-
มีแนวคิดถูกบางส่วน และมีบางส่วนที่ คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-
แนวคิดถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน (PU) (0)	-	-
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (35.71)	SU1 (30.95)	“การนำกลับมาใช้ใหม่” (M4216) “การนำของที่ยังพอใช้ได้กลับมาใช้อีก” (F4223)
	SU2 (4.76)	“การนำสิ่งที่ใช้แล้ว กลับมาใช้ซ้ำเหมือนเดิม” (F4214)

จากตารางที่ 9 พบว่า มีนักเรียนที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 45.24 (19 คน) และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 35.71 แนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) มีนักเรียนเพียงร้อยละ 9.53 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 8. Repair

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการจัดการซ่อมแซมหรือปรับปรุงแก้ไข ของที่มีอยู่ ให้อยู่ในสภาพใช้การได้ต่อไปเพื่อนำมาใช้ได้อีก หรือยืดอายุการใช้งาน(กระทรวงพลังงาน, 2549)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 61.90 (26 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 38.10 (16 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความเข้าใจคำสำคัญ Repair ของนักเรียน

(N = 16/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (9.53)	ไม่อธิบาย (9.53)	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (7.14)	SM1 (4.76)	“การนำของที่ใช้มาทำซ้ำ” (F4205) “การทำซ้ำใหม่อีกครั้ง” (F4210)
	SM2 (2.38)	“คือการฟื้นฟูสภาพแวดล้อม” (F4204)
มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-
แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (16.67)	PU (16.67)	“คือ การซ่อมแซม, การฟื้นฟู” (M4203) “การซ่อมให้ดีขึ้น” (F4226)
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (4.76)	SU (4.76)	“การซ่อมแซมของให้กลับมาใช้ใหม่ได้อีก” (F4223) “การซ่อมแล้วเอามาใช้ใหม่” (M4216)

จากตารางที่ 10 พบว่า มีนักเรียนเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 38.10 (16 คน) และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน พบว่า นักเรียน ร้อยละ 4.76 มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) และ ร้อยละ 16.67 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) แต่นักเรียน ร้อยละ 7.14 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และร้อยละ 9.53 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ

คำถาม 9. Replace

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นการปรับเปลี่ยนการใช้ของเดิมหรือนำวัสดุอื่นมาแทนที่ทดแทน การใช้ของเดิมนั้น โดยเปลี่ยนแปลงไปใช้สิ่งใหม่ที่ดีกว่าและไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก (กระทรวงพลังงาน, 2549)

จากคำสำคัญนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 90.47 (38 คน) และเคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 9.53 (4 คน) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายคำจำกัดความคำนี้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ความเข้าใจคำสำคัญ Replace ของนักเรียน

(N = 4/42)

ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
ไม่มีแนวคิด (NU) (0)	-	-
มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (0)	-	-
มีแนวคิดถูกบางส่วน และมีบางส่วนที่ คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-
แนวคิดถูกต้องบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน (PU) (9.53)	PU (9.53)	“การแทนที่ เช่นปลูกต้นไม้แทนที่” (F4225) “การแทนที่” (M4203)
มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (0)	-	-

จากตารางที่ 11 พบว่า มีนักเรียนเพียง ร้อยละ 9.53 (4 คน) ที่เคยได้ยินคำนี้ และเมื่อพิจารณาคำจำกัดความ นักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยิน นักเรียน ร้อยละ9.53 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU)

สรุปโดยภาพรวม การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ก่อนจัดการเรียนรู้นั้นอาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. คำสำคัญที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยได้ยิน ได้แก่ ปะการังฟอกขาว พิธีสารเกียวโต และ Replace ซึ่งอาจเป็นเพราะการนำเสนอคำสำคัญในกลุ่มนี้ ไม่แพร่หลายในสื่อที่เข้าถึงได้ง่าย เช่น โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ อินเตอร์เน็ต จึงไม่เป็นที่รู้จักมากนัก และเมื่อพิจารณาความถูกต้องของแนวคิดพบว่า นักเรียนในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) เช่น

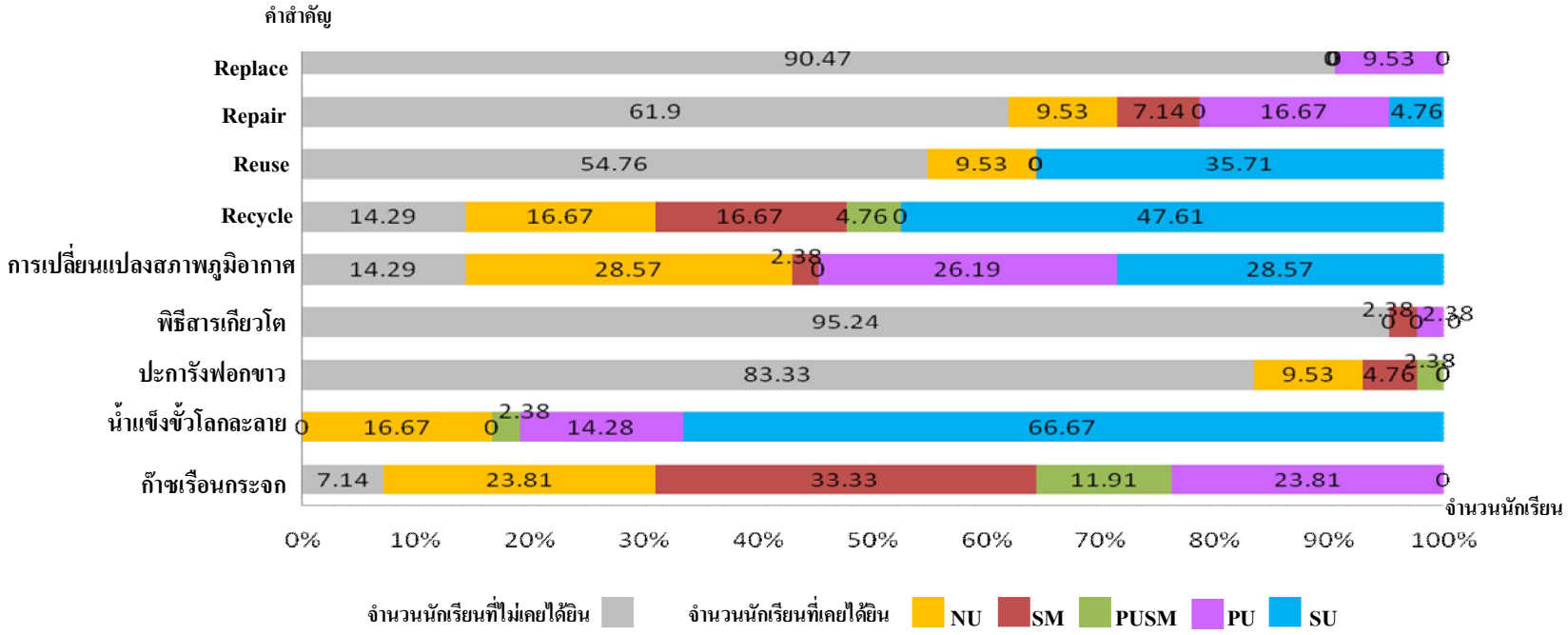
"พิธีสารเกียวโต เป็นการทำสัญญาเพื่อลดการใช้สารเคมี" (M4236)

2. คำสำคัญที่นักเรียนเคยได้ยินและไม่เคยได้ยินมีเปอร์เซ็นต์ใกล้เคียงกัน ได้แก่ Reuse และ Repair และเมื่อพิจารณาความถูกต้องของแนวคิดพบว่า คำว่า Reuse นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) ส่วนคำว่า Repair นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และยังมีนักเรียนบางส่วนที่เคยได้ยินคำนี้มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) เช่น

"Repair การฟื้นฟูสภาพแวดล้อม" (F4204)

3. คำสำคัญที่นักเรียนส่วนใหญ่เคยได้ยิน ได้แก่ ก๊าซเรือนกระจก น้ำแข็งขั้วโลกละลาย การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ Recycle เมื่อพิจารณาคำจำกัดความของแนวคิด คำว่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย และคำว่า Recycle นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) แต่คำว่า ก๊าซเรือนกระจก และคำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) เช่น

"ก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซที่ไปทำลายชั้นโอโซนของโลกทำให้ชั้นโอโซนถูกทำลายเป็นวงใหญ่ แสงอาทิตย์และรังสีต่างๆส่องเข้ามาบนพื้นโลกและสะท้อนกลับไม่หมด ทำให้โลกร้อนขึ้น" (F4223)



ภาพที่ 5 แผนภูมิสรุปความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนเรียนรู้

2. ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)

2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

แนวคิดเรื่องสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 3 ข้อที่ 1 ซึ่งให้นักเรียนระบุว่าเคยได้ยินคำว่า "ภาวะโลกร้อน" หรือไม่ โดยหากนักเรียนเคยได้ยิน นักเรียนต้องอธิบายสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อนตามความเข้าใจของตนเอง

คำถาม 1. ท่านเคยได้ยินคำว่า ภาวะโลกร้อน หรือไม่ ภาวะโลกร้อนเกิดจากสาเหตุใดและการที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นนี้มีกลไกการเกิดอย่างไร

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ภาวะโลกร้อนเกิดจากการเพิ่มปริมาณขึ้นของก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไอน้ำ ฯลฯ จนทำให้ก๊าซเรือนกระจกโดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดและกักเก็บความร้อนเอาไว้ รวมถึงมีการแพร่กระจายความร้อนออกไป ทำให้เป็นสาเหตุและกลไกหลักที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกและมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น (Hougton, 1997 and Hardy, 2003)

จากคำถามนี้ พบว่า นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ100 (42 คน) เคยได้ยินคำนี้ โดยนักเรียนที่เคยได้ยินได้อธิบายสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แนวคิดของนักเรียนในเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

(N = 42)

ระดับคะแนน	ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
0	ไม่มีแนวคิด (NU) (4.76)	ไม่อธิบาย (4.76)	-
1	มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (50)	SM1 (28.57)	"ภาวะโลกร้อนเกิดจากที่โอโซนรอบโลกถูกทำลายทำให้แสงอาทิตย์เข้ามายังโลกมากเกินไปทำให้โลกร้อน" (F4201)

ตารางที่ 12 (ต่อ)

(N = 42)

ระดับคะแนน	ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
1	มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (50)	SM1 (28.57)	"เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสาร CFC ขึ้นไปทำลายชั้นบรรยากาศหรือโอโซน ทำให้โลกร้อน เพราะบรรยากาศชั้นโอโซนเหมือนเป็นหลังคาของโลกช่วยบดบังแสงไม่ทำให้ร้อนมากขึ้น" (M4233) "ชั้นบรรยากาศในโลกถูกทำลายทำให้เกิดช่องว่างสำหรับรังสีอัลตราไวโอเลตเข้ามาในโลกมากขึ้น จึงทำให้โลกร้อน" (F4217) "เกิดจากก๊าซเรือนกระจกทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน ที่กรองรังสีของแสงจากดวงอาทิตย์ แต่เมื่อโอโซนถูกทำลายจะทำให้รังสีที่มีอันตรายหลุดลงมายังโลก" (F4225) "กลไกการเกิด เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และสาร CFC ไปทำลายชั้นโอโซน" (M4229)
		SM2 (21.43)	"เกิดจากดวงอาทิตย์ส่องแสงรังสีเข้ามายังโลกและไม่สะท้อนกลับ" (F4214) "การสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศทำให้รังสี UV ไม่สามารถสะท้อนกลับไปได้หมด จึงทำให้รังสีที่ตกค้างสะท้อนมายังโลก" (M4216)
2	มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (0)	-	-

ตารางที่ 12 (ต่อ)

(N = 42)

ระดับคะแนน	ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
3	แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) (45.24)	PU1 (16.67)	“โลกมีคาร์บอนไดออกไซด์มากจากควันรถยนต์ อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นจากมีคาร์บอนไดออกไซด์และมีก๊าซเรือนกระจก” (F4240) “เกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศมากเกินไปทำให้ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง” (M4207)
		PU2 (16.67)	“ใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย” (M4228)
		PU3 (9.52)	“เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า” (M4221)
		PU4 (2.38)	“การใช้ถุงพลาสติกกันมากเป็นวัสดุที่ทำลายยากจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน” (F4226)
4	มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (0)	-	-

จากตารางที่ 12 พบว่า นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ100 (42 คน) เคยได้ยินคำว่า “ภาวะโลกร้อน” และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อน ของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยินนั้น ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน(SU) มีนักเรียน ร้อยละ 45.2 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และนักเรียน ร้อยละ 50 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) และร้อยละ 4.76 ไม่มีแนวคิด (NU)

2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน

แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อนของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 3 ข้อที่ 2 ซึ่งให้นักเรียนอธิบายว่า ปัญหาภาวะโลกร้อน ส่งผลกระทบต่อตัวนักเรียน สังคม และโลกอย่างไรบ้าง ตามความเข้าใจของตนเอง

จากคำถามนี้ พบว่า นักเรียนได้อธิบายผลกระทบของปัญหาภาวะโลกร้อน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 กลุ่มคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับผลกระทบของภาวะโลกร้อน

ผลกระทบ	กลุ่มคำตอบคำตอบ (ความถี่)
ผลกระทบต่อภูมิอากาศ	- อากาศร้อนมาก อุณหภูมิโลกสูงขึ้น (20) - เกิดยุคน้ำแข็งครั้งที่ 2 (1) - สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง (13) - ภัยพิบัติทางธรรมมากขึ้น เกิดพายุ แผ่นดินไหว (8) - ชั้นบรรยากาศถูกทำลาย เกิดรูโหว่โอโซน (4)
ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ	- น้ำแข็งขั้วโลกละลาย (8) - น้ำท่วมโลก (7) - ระดับทะเลสูงขึ้น (1)
ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ	- ทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรม (1) - สภาพแวดล้อมเป็นพิษ (3) - พืช-สัตว์ตาย สิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตได้ (1)
ผลกระทบต่อมนุษย์	- ใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานอื่นๆเพิ่มมากขึ้น (6) - เกิดภาวะเครียด สุขภาพจิตเสีย (4) - ขาดแคลนอาหาร น้ำ ข้าวข้างแพง น้ำมันแพง (7) - ทำให้สังคมเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ดี (2)

ในด้านผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อโลกนี้มีหลากหลายด้าน คือ ผลกระทบต่อภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิโลกสูงขึ้น อากาศร้อนมาก สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับน้ำ เช่น น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลง เป็นต้น ผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศเช่น ปะการังฟอกขาว สิ่งมีชีวิตสูญพันธุ์ อพยพ เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม พืชสัตว์ตาย เป็นต้น ผลกระทบต่อมนุษย์ เช่น ทำให้มนุษย์มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตแย่ เครียด เกิดโรคระบาด โรคอุบัติใหม่ โรคอุบัติซ้ำ ขาดแคลนอาหารและน้ำ เป็นต้น

ตารางที่ 14 แนวคิดของนักเรียนในเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน

(N = 42)

ระดับคะแนน	ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
0	ไม่มีแนวคิด (NU) (2.38)	ไม่อธิบาย (2.38)	-
1	มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) (0)	-	-
2	มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) (9.52)	PUSM (9.52)	"มีผลกระทบ ดังนี้ 1.ทำให้มนุษย์เดือดร้อนเพราะอุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้น 2. ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย 3. ทำให้ชั้นโอโซนพัง" (M4229) "ทำให้ชั้นบรรยากาศถูกทำลาย จนทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสิ่งมีชีวิตไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้" (F4210) "ทำให้การดำรงชีวิตเปลี่ยนไป เช่น อากาศร้อนขึ้น ใช้แอร์มากขึ้นซึ่งแอร์ปล่อยสาร CFC สู่ชั้นบรรยากาศทำให้สาร CFC ทำลายชั้นโอโซนและทำให้โลกร้อนเพิ่มขึ้นอีก" (M4216)
3	แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน(PU) (83.33)	PU1 : ผลกระทบ 1 ด้าน (21.43)	"ส่งผลให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลง" (M4207) "ทำให้อากาศร้อน" (F4222) "ทำให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติต่างๆ" (M4224)
		PU2 : ผลกระทบ 2 ด้าน (45.24)	"ทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นมลพิษ และทำให้สิ่งมีชีวิตตายได้" (M4233) "ทำให้โลกร้อนขึ้น และมีการใช้พลังงานมากขึ้นอีกตามลำดับ" (F4217) "ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย และสภาพภูมิอากาศแปรปรวน" (F4215)

ตารางที่ 14 (ต่อ)

(N = 42)

ระดับคะแนน	ระดับความเข้าใจ (ร้อยละ)	กลุ่มคำตอบ (ร้อยละ)	ตัวอย่างคำตอบ
3	แนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน(PU) (83.33)	PU3 : ผลกระทบ 3 ด้าน (16.67)	“โลกร้อนขึ้น เพราะสิ่งแวดล้อมต่างๆ ถูกทำลาย และทำให้มนุษย์ขาดแคลนน้ำและอาหาร” (F4226) “อากาศร้อนจัด ทำให้เกิดภัยธรรมชาติ และน้ำมันแพงข้าวของแพง” (F4241) “ต้องใช้ไฟฟ้ามากขึ้น เพราะสภาพอากาศแปรปรวน และทำให้ขาดแคลนอาหาร” (F4213)
4	มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) (4.76)	SU : ผลกระทบ 4 ด้านขึ้นไป (4.76)	“ทำให้โลกร้อนขึ้น น้ำแข็งขั้วโลกละลาย เกิดน้ำท่วมโลกได้ ขาดแคลนน้ำและอาหาร และเกิดยุคน้ำแข็งครั้งที่ 2 ได้” (F4234) “อากาศร้อนขึ้นกว่าอดีต ทำให้ฤดูกาลเปลี่ยนแปลง น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ข้าวของและน้ำมันแพง” (F4214)

จากตารางที่ 14 พบว่า ความเข้าใจของนักเรียนในเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน มีนักเรียน ร้อยละ 4.76 มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 83.33 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และมีนักเรียน ร้อยละ 9.52 ที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (PUSM) และ ร้อยละ 2.38 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะไม่อธิบายคำตอบ

สรุปความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge) ของนักเรียน ก่อนเรียนรู้ พบว่า แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน นักเรียนเคยได้ยินคำว่า ภาวะโลกร้อน ร้อยละ 100 แต่เมื่อวิเคราะห์การอธิบายเหตุผลของนักเรียนทั้งหมด ไม่มีนักเรียนมีคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) เพราะนักเรียน ร้อยละ50 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) เช่น

“เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสาร CFC ขึ้นไปทำลายชั้นบรรยากาศหรือโอโซน ทำให้โลกร้อน เพราะบรรยากาศชั้นโอโซนเหมือนเป็นหลังคาของโลกช่วยบดบังแสงไม่ทำให้ร้อนมากขึ้น” (M4233)

สำหรับแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 83.33 มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และนักเรียน ร้อยละ 9.52 ที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (PUSM) มีนักเรียนเพียง ร้อยละ 4.76 ที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่า ผลกระทบที่เกิดจากปัญหาภาวะโลกร้อนนั้นมีอย่างไรบ้าง แต่นักเรียนยังไม่เข้าใจครอบคลุมในทุกด้านของผลกระทบ

โดยภาพรวมความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นคะแนนเฉลี่ยได้จากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = คะแนนเฉลี่ยในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนทั้งหมด
$\sum X$ = คะแนนข้อ 1 รวมกับคะแนนข้อ 2 คะแนน ของนักเรียนทุกคน
N = จำนวนนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 42 คน

จากการคำนวณทางสถิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน คือ 4.74 คะแนน จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน และเมื่อคิดเป็นร้อยละ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน ร้อยละ59.25

3. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)

3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 4 ข้อที่ 1

ซึ่งให้นักเรียนอธิบายว่า นักเรียนสามารถช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนได้อย่างไรบ้างตามความเข้าใจของตนเอง

จากคำถามนี้ พบว่า นักเรียนได้อธิบายการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ลักษณะคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

ลักษณะคำตอบ	ความถี่
1.ไม่ตัดไม้ทำลายป่า ปลูกต้นไม้ทดแทน	25
2. ลดและประหยัดพลังงาน ลดการใช้น้ำมัน ใช้พลังงานและทรัพยากรให้คุ้มค่าประหยัดไฟฟ้าและน้ำ	28
3. เปิดเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียสและปิดเมื่อไม่จำเป็น	6
4. ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สาร CFC และก๊าซพิษหรือสารเคมีต่างๆที่ทำลายชั้นบรรยากาศ ลดการเผาไหม้ ไม่สูบบุหรี่	16
5. ใช้จักรยานแทนรถยนต์ ใช้รถประจำทาง	7
6. ลดการใช้ถุงพลาสติก ใช้ถุงผ้าแทน ลดการใช้กระดาษ	22
7. การนำสิ่งของกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)	1
8. รณรงค์ลดปัญหาภาวะโลกร้อน	1
9. ไม่เผาขยะ ให้มีการแยกขยะ	1
10. ลดการทิ้งขยะ	3
11. รักษาสิ่งแวดล้อม	2
12. ใช้วัสดุธรรมชาติ	1
13.รณรงค์ให้ประชาชนช่วยกันปลูกต้นไม้	2

ตารางที่ 16 แนวคิดของนักเรียนในเรื่องการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

ลักษณะคำตอบ	ความถี่
1. ด้านสังคม เช่น การรณรงค์ต่างๆ	3
2. ด้านการเดินทางและการขนส่ง เช่น ใช้รถน้อยลง ใช้รถประจำทาง ใช้รถจักรยาน	7
3. ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น ปลูกต้นไม้ ลดการผลิตก๊าซเรือนกระจก สาร CFC ลดการทิ้งขยะ ไม่เผาขยะ แยกขยะ รักษาสิ่งแวดล้อม	47

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ลักษณะคำตอบ	ความถี่
4. ด้านพลังงาน เช่น ประหยัดพลังงาน ลดการใช้น้ำมัน ใช้พลังงานและทรัพยากรให้คุ้มค่า	34
5. ด้านการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น ใช้ถุงผ้า ลดการใช้ถุงพลาสติกและกระดาษ ใช้วัสดุธรรมชาติ การนำสิ่งของกลับมาใช้ใหม่ (recycle)	24

ในด้านการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนมีหลากหลายด้าน คือ ด้านสังคม เช่น การรณรงค์ต่างๆ ด้านการเดินทางและการขนส่ง เช่น การเดินทางโดยใช้รถจักรยาน ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น การปลูกต้นไม้ การรักษาสิ่งแวดล้อม ด้านพลังงาน เช่น การใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า และด้านการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การใช้ถุงผ้า การนำของที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

จากตารางที่ 16 แสดงลักษณะคำตอบในการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ในหลากหลายด้านของนักเรียน พบว่า คำตอบของนักเรียนส่วนมากเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น นักเรียนตอบว่า

“ปลูกต้นไม้ให้มากขึ้น เพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์” (M4209)

และด้านที่นักเรียนตอบรองลงมา คือด้านเกี่ยวกับพลังงาน เช่น

“ช่วยกันประหยัดพลังงาน เช่น ไฟฟ้า น้ำ ป่าไม้” (F4217)

และด้านที่เกี่ยวกับการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น

“ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก” (F4230)

ด้านที่นักเรียนตอบน้อยที่สุดคือในด้านของสังคม เช่น

“รณรงค์ให้ประชาชนปลูกต้นไม้กันเยอะๆ เพื่อเพิ่มก๊าซออกซิเจนให้โลก” (F4215)

ส่วนด้านที่เกี่ยวกับการบำบัด และด้านอื่นๆ นั้น ยังไม่มีคำตอบใดของนักเรียนที่คำนึงถึง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนที่ไม่ครอบคลุมในทุกๆด้าน และส่วนใหญ่จะมีความเข้าใจว่าการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนนั้นจำเป็นต้องแก้ไขในด้านสิ่งแวดล้อมมากที่สุด

3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน

ในด้านการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 4 ข้อที่ 2 ซึ่งให้นักเรียนระบุว่าเคยมีส่วนร่วมใน การรณรงค์ ช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนหรือไม่ โดยหากนักเรียนเคยมีส่วนร่วม นักเรียนต้องอธิบายการมีส่วนร่วมของนักเรียนเหล่านั้นตามความเป็นจริง

จากคำถามนี้ พบว่า มีนักเรียนที่ไม่เคยมีส่วนร่วม ร้อยละ 38.10 (16 คน) และมีนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วม ร้อยละ 61.90 (26 คน) โดยนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วมได้อธิบายการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน ของตนเอง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ลักษณะคำตอบของนักเรียนในด้านการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน

ลักษณะคำตอบ	ความถี่
เคยมีส่วนร่วม	26
1. ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก	10
2. เปิดเครื่องปรับอากาศ 25 องศาเซลเซียส ปิดเมื่อไม่จำเป็น	7
3. ลดการใช้น้ำมันและรถยนต์ เดินในระยะใกล้ ใช้จักรยาน โดยสารรถประจำทาง	5
4. ประหยัดและลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ	9
5. ปลูกต้นไม้เมื่อมีโอกาส	4
6. ปลูกป่าชายเลน	3
7. ทิ้งขยะให้เป็นที่ เก็บขยะที่หล่นอยู่ทุกครั้งที่เดินผ่าน	3
8. นอนเร็วตื่นเช้า	1
9. ไม่ระบุว่าเคยมีส่วนร่วมอย่างไร	2

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนเคยมีส่วนร่วม เกี่ยวกับการป้องกันหรือแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ร้อยละ 61.90 (26 คน) ส่วนที่เหลือ ร้อยละ 38.10 (16 คน) ไม่เคยมีส่วนร่วม และเมื่อพิจารณาลักษณะคำตอบของนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วม พบว่า นักเรียนส่วนมากเคยมีส่วนร่วมในด้านพลังงาน เช่น

"ร่วมปิดไฟวันละ 5-10 นาทีทุกวัน" (F4238)

ด้านที่นักเรียนมีส่วนร่วมรองลงมาเป็นอันดับหนึ่ง คือ ด้านการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น

"ใช้ถุงผ้าแทนถุงพลาสติก" (F4211)

ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับสอง คือ ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น

"ปลูกต้นไม้เมื่อมีโอกาส" (F4222)

และด้านที่นักเรียนมีส่วนร่วมน้อยที่สุดคือ ด้านการเดินทางและการขนส่ง เช่น

"เดินทางไปที่ใกล้ๆ โดยใช้รถจักรยาน" (F4208)

และด้านที่นักเรียนไม่เคยมีส่วนร่วมเลย คือ ด้านสังคม

สรุปโดยภาพรวมในด้านการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ก่อนเรียนรู้ พบว่า มีนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วม ร้อยละ 61.90 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนยังเคยมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อนไม่มากนัก และยังไม่ครอบคลุมในทุกๆ ด้าน รวมถึงเป็นการมีส่วนร่วมในระดับบุคคล ที่สามารถกระทำได้ด้วยตนเอง ยังไม่เคยมีส่วนร่วมในระดับสังคม หรือมีส่วนร่วมในลักษณะการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน เท่าไรนัก

4. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

ความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียน ได้มาจากการตอบคำถามของนักเรียนในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ในตอนที่ 5 มีคำถามถูกผิด ทั้งหมด 24 ข้อ ซึ่งพัฒนามาจาก Richard Carrier ครอบคลุมความเข้าใจในธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7 ด้าน ดังแสดงในตารางที่ 18

นอกจากนี้ ความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียน ยังได้มาจากการสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม จำนวน 10 คน โดยคำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์เป็นข้อคำถามเดียวกันกับ 24 ข้อ ในแบบวัดการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนซึ่งให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อความ และอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน และตรงกับคำตอบที่แท้จริงมากที่สุด

ตารางที่ 18 ข้อคำถามวัดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 7 ด้าน

ด้านที่	ข้อคำถาม	เฉลย
1. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	2. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	ถูก
	10. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงว่าถูกต้องได้ ซึ่งว่าเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์และเป็นที่สิ้นสุด	ผิด
2. วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์	5. จะถือว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์ สิ่งนั้นต้องสามารถถูกตัดสินได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์	ถูก
	6. วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของข้อเท็จจริง ปราศจากการตีความของมนุษย์	ผิด
	12. วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อ ข้อสันนิษฐานและสิ่งที่สังเกตไม่ได้	ถูก
	16. ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษา ทัศนะ ความสนใจ ความถนัด สมมติฐานเบื้องต้น และความเชื่อทางปรัชญา มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตีความข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์	ถูก

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ด้านที่	ข้อคำถาม	เฉลย
2. วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์	20. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบสมมติฐาน (ผู้หญิงทุกคนสวย ฟ้าเป็นผู้หญิง ดังนั้นฟ้าจึงสวย) มากกว่าการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ (แก้ว แป้ง น้ำ เป็นคนสวย ดังนั้น ผู้หญิงทุกคนสวย)	ผิด
3. วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว	3. วิทยาศาสตร์มีแนวทางในการสร้างงานวิจัยเพียงวิธีการเดียว	ผิด
4. การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต	1. นักวิทยาศาสตร์มักจะคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง	ถูก
	7. จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีการทดลอง	ผิด
	9.นักวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดกระทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย	ถูก
	11. การทดลองสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นถูกต้องได้	ผิด
5. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์	4. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่คำอธิบายไม่ใช่ข้อเท็จจริง	ถูก
	8. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา	ผิด
	14. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร	ผิด
	18. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับ คือ สมมติฐานที่ได้รับการยืนยันจากหลักฐานจำนวนมาก และยังไม่มีหลักฐานอื่นที่สามารถหักล้างได้	ถูก
	22. นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบในการวิจัยอื่น ๆ ต่อไป	ถูก
6. กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ	15. กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นทฤษฎีที่ถูกยืนยันอย่างมากและกว้างขวาง	ผิด
	17. กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะได้รับการพิสูจน์มามากแล้วว่าถูกต้อง	ผิด

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ด้านที่	ข้อคำถาม	เฉลย
6. กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ การบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ	19. กฎทางวิทยาศาสตร์พรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถเห็นได้แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์นั้น ๆ	ถูก
	24. กฎทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ที่สุดและแน่นอน	ผิด
7. วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์	13. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ถูก
	21. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี	ถูก
	23. นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าบางสิ่งบางอย่างอยู่จริงตามทฤษฎีทั้ง ๆ ตนก็ไม่เคยเห็น	ถูก

ด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Science is a Tentative Enterprise) (ข้อ2, ข้อ10)

คำถาม ___2. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Science only produces tentative conclusions that can change.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ ความเป็นจริงแล้ว องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่ผลผลิตของการตัดสินของแต่ละบุคคลซึ่งหมายถึง แต่ละบุคคลจะต้องมีการอธิบายเหตุผลต่างๆ เพื่อปกป้องข้อสรุปของตนเองให้กับผู้อื่นได้ทราบ ภายใต้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานที่มีเหตุผลและสามารถสนับสนุนข้อสรุปนั้นๆได้ ดังนั้น จึงเป็นสิ่งที่ไม่ใช่ความจริงแท้ เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แม้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงได้นั้นไม่ได้เปลี่ยนไปได้อย่างง่ายดายเหมือนกับสมัยนิยม ไม่เกิดขึ้นได้โดยฉับพลับ แต่วิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงข้อสรุปอะไรได้ ต้องมีการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุมีผล มีการสังเกต และมีการทดลอง เพื่อหาหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถหักล้างข้อมูลเดิมได้

ตารางที่ 19 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 2

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	95.24 (40)
X ผิด	ผิด	4.76 (2)

จากตารางที่ 19 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 95.24 และตอบผิด ร้อยละ 4.76 โดยนักเรียนที่ตอบผิดทั้งหมดนั้นไม่ระบุว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติมจำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมด ตอบได้ถูกต้อง แต่ให้เหตุผลถูกต้องด้วยนั้น มี 8 ใน 10 คน เช่น นักเรียนให้เหตุผลว่า

"ถูกต้องครับ เพราะหากมีข้อมูลใหม่ๆที่สามารถพิสูจน์ยืนยันและหักล้างของเดิมได้ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้" (M4229)

คำถาม ___10. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงว่าถูกต้องได้ ซึ่งว่าเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์และเป็นที่สิ้นสุด(Science proves facts true in a way that is definitive and final.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้เป็นข้อสรุปสุดท้าย แต่เป็นองค์ความรู้ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยบุคคลก็สามารถที่จะไว้วางใจและเชื่อถือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมาก เพราะถึงแม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความเป็นพลวัตร แต่มนุษย์ก็ได้ตักตวงประโยชน์จากการประยุกต์ความรู้เหล่านั้นอย่างมากมายมหาศาล กล่าวอีกนัยหนึ่ง แม้ว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะไม่ถูกต้องทั้งหมดร้อยเปอร์เซ็นต์ ในแง่ของทฤษฎี แต่ก็ถือได้ว่าถูกต้องในแง่ของการปฏิบัติ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เจริญงอกงามสู่ข้อเท็จจริงนั่นเอง และออกห่างจากความผิดพลาด ซึ่งสิ่งที่จะเกิดขึ้นนี้จะเป็นไปไม่ได้เลยหากไม่มีการเปลี่ยนแปลง และในขณะเดียวกันการเปลี่ยนแปลงเองก็จะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ หากนักวิทยาศาสตร์ไม่เกิดความสงสัย หรือมีการวิพากษ์วิจารณ์สิ่งที่เกิดขึ้น (Skepticism)

ตารางที่ 20 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่10

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	92.86 (39)
X ผิด	ถูก	7.14 (3)

จากตารางที่ 20 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 7.14 และ ตอบผิด ร้อยละ 92.86 โดยนักเรียน ร้อยละ 66.67 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ ส่วน ร้อยละ 33.33 อธิบายเหตุผลว่า มีบางอย่างที่วิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ที่สุด

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม จำนวน 10 คน พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องนั้นอธิบายเหตุผลว่า

“ผิด เพราะวิทยาศาสตร์ไม่เคยมีการนิยามว่าเป็นที่สิ้นสุด เพราะว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แม้จะเคยได้รับการพิสูจน์มาแล้วก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากพบข้อมูลใหม่ๆ เช่น เรื่องของดาราศาสตร์และจักรวาล อดีตเคยพบแค่นั้นแค่นี้ แต่ต่อมาเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้นเราก็พบความรู้ใหม่ๆ เพิ่มมากขึ้นด้วย” (M4227)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น

“ถูก เพราะองค์ความรู้ต้องเป็นสิ่งที่แน่นอน ไม่คลาดเคลื่อน เปลี่ยนแปลงได้ยาก” (F4238)

ด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ (Science is an Empirical “Faith”) (ข้อ5, ข้อ6, ข้อ12, ข้อ16, ข้อ20)

คำถาม ___5. จะถือว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์ สิ่งนั้นต้องสามารถถูกตัดสินได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ (When being scientific one must have faith only in what is justified by empirical evidence.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องขององค์ความรู้ในเชิงประจักษ์ และอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตที่มีหลักฐานประจักษ์พยาน และประจักษ์นิยมนี้ไม่ใช่เพียงแค่การสังเกต หรือมีหลักฐานเชิงประจักษ์เท่านั้น แต่มีความหมายว่า บางสิ่งบางอย่างที่นักวิทยาศาสตร์คิดหรือสร้างขึ้นมาเองในใจ จากข้อเท็จจริงที่เขาสามารถสังเกตได้ หรือที่เรียกว่า view of things that is constructed from observed facts และต่อมานักวิทยาศาสตร์ทุกคนจะต้องมีการสนับสนุน สิ่งที่เขาสร้างขึ้นมาด้วยหลักฐานในเชิงประจักษ์ (empirical evidence) เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า วิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้หลักฐานเชิงประจักษ์อยู่มาก

ตารางที่ 21 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่5

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	95.24 (40)
X ผิด	ผิด	4.76 (2)

จากตารางที่ 21 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 95.24 และ ตอบผิด ร้อยละ 4.76 โดยนักเรียนที่ตอบผิดทั้งหมดนั้นไม่ระบุว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม จำนวน 10 คน พบว่า นักเรียน 7 ใน 10 คน ที่ตอบถูกต้อง ส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า วิทยาศาสตร์มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เช่น

“ถูก เพราะวิทยาศาสตร์คือสิ่งที่ต้องสามารถพิสูจน์ได้ สามารถทำการทดลองซ้ำและได้ผลเช่นเดิม มีหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุน” (F4237)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล เช่น

“ผิด เพราะวิทยาศาสตร์อาจได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลตามเหตุตามผล โดยไม่พบหลักฐานเชิงประจักษ์ก็ได้” เช่น การวิเคราะห์รูปร่างลักษณะของไดโนเสาร์จากชิ้นส่วนโครงกระดูกบางส่วนที่ขุดพบ” (M4229)

คำถาม ___6. วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของข้อเท็จจริง ปราศจากการตีความของมนุษย์ (Science is just about the facts, not human interpretations of them.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการตีความ (interpretive) ไม่ใช่เพียงแต่การเก็บรวบรวมข้อมูล และการนำเสนอข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้ววิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการตีความของมนุษย์ ปรากฏการณ์บางอย่างในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถมองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตโดยอ้อม จึงจะนำไปสู่ข้ออ้างหรือข้อสรุปอะไรบางอย่างในทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งก็หมายถึง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาจากหลักฐานโดยอ้อมนั่นเอง

ตารางที่ 22 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 6

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	54.76 (23)
X ผิด	ถูก	45.24 (19)

จากตารางที่ 22 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 45.24 และ ตอบผิด ร้อยละ 54.76 โดยนักเรียน ร้อยละ 52.63 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่อธิบายเหตุผลประกอบคำตอบ และ ร้อยละ 47.37 อธิบายเหตุผลว่า วิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้การตีความของมนุษย์

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม จำนวน 10 คน พบว่า นักเรียน 8 ใน 10 คน ตอบถูกต้อง โดยให้เหตุผลว่า วิทยาศาสตร์อาศัยการตีความของมนุษย์ ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์เป็นข้อเท็จจริง เช่น

“ถูก เพราะวิทยาศาสตร์ต้องมีหลักฐานต่างๆที่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นข้อเท็จจริง ไม่ได้ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นส่วนบุคคล (M4227)

คำถาม ___12. วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อ ข้อสันนิษฐานและสิ่งที่สังเกตไม่ได้ (Science is partly based on beliefs, assumptions, and the nonobservable.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ บ่อยครั้งวิทยาศาสตร์ต้องพยายามอธิบายปรากฏการณ์หลายอย่างที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น สนามแม่เหล็กไฟฟ้าอนุภาคของวัตถุ เป็นต้น ดังนั้นวิทยาศาสตร์จะใช้การสังเกตโดยอ้อม (indirectly) การสังเกตโดยอ้อมก็นำไปสู่ข้ออ้างหรือข้อสรุปบางอย่างในทางวิทยาศาสตร์ได้ ทำให้ในทางวิทยาศาสตร์จึงมี “ตัวตนบางอย่างในทางทฤษฎี (heoretical entities)” อาทิ กลุ่มหมอกอิเล็กตรอน_วิทยาศาสตร์จึงเป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการตีความ (interpretive)_ไม่ใช่เพียงแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลและการนำเสนอข้อเท็จจริงเท่านั้น ปรากฏการณ์บางอย่างในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถมองเห็นได้ จึงต้องอาศัยจินตนาการ ความเชื่อ และการตีความของนักวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านั้น

ตารางที่ 23 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 12

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	57.14 (24)
X ผิด	ผิด	42.86 (18)

จากตารางที่ 23 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 57.14 และ ตอบผิด ร้อยละ 42.86 โดยนักเรียน ร้อยละ 22.22 ของนักเรียนที่ตอบผิดนั้น อธิบายเหตุผลว่า วิทยาศาสตร์มีพื้นฐานบางส่วนมาจากการทดลอง เป็นสิ่งที่ต้องสังเกต ไม่ใช่ความเชื่อ ส่วนนักเรียน ร้อยละ 77.78 ไม่อธิบายว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มาจากความเชื่อ ส่วนนักเรียนที่ตอบถูกต้องให้เหตุผลว่าความเชื่อสัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เช่น

“ถูก เพราะเห็นด้วยว่าวิทยาศาสตร์ก็ต้องอาศัยความเชื่อส่วนบุคคลด้วย จึงจะทำให้นักวิทยาศาสตร์มีแนวทางที่จะค้นคว้า ทดลอง พิสูจน์ เพื่อยืนยันความเชื่อของตนเอง” (F4217)

คำถาม ___16. ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษา ทัศนะ ความสนใจ ความถนัด สมมติฐานเบื้องต้น และความเชื่อทางปรัชญา มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตีความข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ (Scientists' education, background, opinions, disciplinary focus, and basic guiding assumptions and philosophies influence their perception and interpretation of the available data.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องอาศัยการตีความ (interpretive) ไม่ใช่เพียงแต่การเก็บรวบรวมข้อมูลและการนำเสนอข้อเท็จจริงเท่านั้น ปรากฏการณ์บางอย่างในทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่สามารถมองเห็นได้ จึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตโดยอ้อม รวมถึงต้องอาศัยจินตนาการและการตีความของนักวิทยาศาสตร์มาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านั้น

ตารางที่ 24 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 16

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	97.62 (41)
X ผิด	ผิด	2.38 (1)

จากตารางที่ 24 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 97.62 และ ตอบผิด ร้อยละ 2.38 โดยนักเรียนที่ตอบผิดนั้น ไม่ได้ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่าภูมิหลังไม่จำเป็นในการตีความของมนุษย์ ส่วนนักเรียนที่ตอบถูกต้องส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าภูมิหลังเป็นพื้นฐานในการตีความ เช่น

"ถูก เพราะความคิดและภูมิหลังของแต่ละคนไม่เหมือนกัน จึงทำให้คิดแตกต่างกันไป และสิ่งนี้เองที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนสร้างสรรค์ผลงานดีๆ ในแต่ละสาขาที่ถนัดออกมาอย่างมากมาย" (F4238)

คำถาม ___20. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบสมมติฐาน (ผู้หญิงทุกคนสวย ฟ้าเป็นผู้หญิง ดังนั้นฟ้าจึงสวย) มากกว่าการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ (แก้ว แป้ง น้ำ เป็นคนสวย ดังนั้น ผู้หญิงทุกคนสวย) (Science relies on deduction (x entails y) more than induction (x implies y).)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ แนวคิดที่คลาดเคลื่อน (naive)ของคนทั่วไป มักมีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์นั้นใช้ข้อเท็จจริง (Facts) ในการพิสูจน์ความจริงของข้ออ้าง แต่ในความเป็นจริงแล้ว การพิสูจน์ในทางวิทยาศาสตร์ (Scientific proofs) ไม่เหมือนกับการพิสูจน์ในเชิงของตรรกะ การพิสูจน์ในทางวิทยาศาสตร์ จะต้องใช้เหตุและผลในสองรูปแบบ คือ การอุปนัย (Inductive) และการนิรนัย (deductive) โดยจะใช้ควบคู่กันในการพิสูจน์เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะใช้การอุปนัย ซึ่งการอุปนัยนั้น หมายถึง การที่นักวิทยาศาสตร์เข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูลในธรรมชาติและสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆในภายหลัง

ตารางที่ 25 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 20

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	50.00 (21)
X ผิด	ถูก	50.00 (21)

จากตารางที่ 25 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 50.00 และอีก ร้อยละ 50.00 ตอบผิด โดยนักเรียนร้อยละ 71.43 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้นไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ 28.57 อธิบายเหตุผลว่า องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการรวบรวมข้อมูลต่างๆในธรรมชาติ

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องให้เหตุผลว่า องค์ความรู้มาจากการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ มากกว่าทดสอบสมมติฐานเช่น

“ผิด เพราะคิดว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์น่าจะได้มาจากการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆมากกว่าการทดสอบสมมติฐาน พิจารณาจากเหตุผลที่ยกตัวอย่างเรื่องที่บอกว่าผู้หญิงสวยอย่างไร” (F4230)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า วิทยาศาสตร์สร้างองค์ความรู้จากการทดลองจึงมีการทดสอบสมมติฐาน เช่น

“ถูก เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ได้มาจากการทดลอง เมื่อมีการทดลองก็ต้องมีสมมติฐาน ดังนั้นก็ควรสร้างข้อสรุปจากการตรวจสอบสมมติฐาน” (F4214)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว (Science is not a single method) (ข้อ3)

คำถาม ___3. วิทยาศาสตร์มีแนวทางในการสร้างงานวิจัยเพียงวิธีการเดียว (Science has one uniform way of conducting research called “the scientific method.”)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ ความเข้าใจผิดของคนส่วนใหญ่มักจะคิดเองว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีเพียงวิธีการเดียวหรือสูตรเดียวเท่านั้น ซึ่งวิธีการนี้ก็เป็นวิธีการที่ทุกคนรู้จักกันมเป็นอย่างดี และเป็นวิธีการที่มีมานานแล้ว รวมทั้งในปัจจุบันวิทยาศาสตร์ยังคงใช้วิธีการนี้กันอยู่ ซึ่งวิธีการที่กล่าวถึงนี้จะมีลักษณะเป็นลำดับขั้นตอนในรูปแบบที่แน่นอนตายตัว ได้แก่1. การบ่งชี้ปัญหา (indentifying a problem) 2. การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (gathering relevant data) 3. การสร้างสมมติฐาน (formulating a hypothesis) 4. การตรวจสอบคำทำนายที่เกิดขึ้นจากสมมติฐานนั้นๆ (testing the predictions) แต่ในความเป็นจริงแล้ว วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อให้ได้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลาย (multifarious) ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ทำการศึกษา วิธีการบางอย่างก็สามารถใช้ได้หลากหลายสาขา แต่วิธีการบางอย่างก็จำเพาะเจาะจงในสาขาใดสาขาหนึ่ง โดยวิธีการหนึ่งๆ จะต้องถูกตรวจสอบอย่างละเอียด โดยนักวิทยาศาสตร์สาขานั้นๆ และแน่นอนว่าสามารถเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน หากพบว่าวิธีการนั้นยังไม่มีประสิทธิภาพมากพอ แม้ว่าเรื่องบางเรื่องจะจัดอยู่สาขาเดียวกัน ปัญหาเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์แต่ละคนก็อาจมีวิธีการที่แตกต่างกันเป็นไปได้ทีเดียวว่าพวกเขาเหล่านั้นจะได้มาซึ่งคำตอบเดียวกัน ซึ่งถือเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อค้นพบไปโดยปริยาย

ตารางที่ 26 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 3

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	47.62 (20)
X ผิด	ถูก	52.38 (22)

จากตารางที่ 26 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 52.38 และ ร้อยละ 47.62 ตอบผิด โดยนักเรียน ร้อยละ 63.64 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ และ ร้อยละ 36.36 อธิบายเหตุผลว่า มีหลายวิธีในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า มีหลายวิธีในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น

“ผิดค่ะ เพราะนักวิทยาศาสตร์มีหลากหลายวิธีในการแสวงหาความรู้ เช่น การทดลอง การสังเกต และการรวบรวมข้อมูล เป็นต้น” (F4237)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ใช้แสวงหาความรู้ เช่น

“ถูก เพราะการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้นั้นเป็นวิธีการที่จะได้มาซึ่งผลงานความรู้ที่ถูกวิธี” (M4229)

ด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต (Experiments are a Goal-Oriented from of scientific observation) (ข้อ1, ข้อ7, ข้อ9, ข้อ11)

คำถาม ___1. นักวิทยาศาสตร์มักจะคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง(Scientists usually expect an experiment to turn out a certain way.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะการทดลองในทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย การที่จะทำการทดลองในระดับหนึ่งนั้น ผู้ทดลองมีความคาดหวังหรือกำลังมองหาบางสิ่งบางอย่างอยู่ในใจแล้ว การคาดหวังล่วงหน้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการที่จะออกแบบหรือการทำการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าแทบไม่มีการทดลองใดที่จัดกระทำขึ้นโดยไม่มีวัตถุประสงค์ว่าจะศึกษาอะไร โดยสิ่งที่เป็นรูปธรรมอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีการคาดหวังนั้น ก็คือ การตั้งสมมติฐาน ซึ่งอาจได้มาจากแนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 27 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 1

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	66.67 (28)
X ผิด	ผิด	33.33 (14)

จากตารางที่ 27 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 66.67 และ ร้อยละ 33.33 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิด ร้อยละ 57.14 ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ 42.86 อธิบายเหตุผลว่า ผลการทดลองอาจไม่ตรงกับสมมติฐานก็ได้

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า นักวิทยาศาสตร์มีการตั้งสมมติฐานหรือคาดเดาคำตอบไว้ล่วงหน้าเช่น

“ถูก เพราะนักวิทยาศาสตร์ทุกคนต้องมีสมมติฐานที่ตั้งและคาดหวังไว้ให้ผลการทดลองออกมาในลักษณะต่างๆ (F4217**)**

คำถาม ___7. จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีการทดลอง (To be scientific one must conduct experiments.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ วิทยาศาสตร์ต้องมีการทดลอง เป็นความเข้าใจผิด เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางอย่างก็ได้มาจากการสังเกต เช่น ความรู้ทางด้านสัตววิทยา เนื่องจากสามารถใช้การสังเกตเพียงอย่างเดียวอย่างละเอียดถี่ถ้วนและเป็นระบบ ในการหาความรู้ นักดาราศาสตร์ สังเกตปรากฏการณ์บนท้องฟ้าซ้ำไปซ้ำมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องไปทำการทดลองบนท้องฟ้า ก็สามารถสร้างองค์ความรู้ต่างๆ ได้อย่างมากมาย นักธรณีวิทยา พวกเขาไม่สามารถสร้างภูเขา หรือสามารถสร้างการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกในห้องทดลองได้ แต่เขาก็สามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ต่างๆ ได้ดี เพราะเขาตรวจสอบความถูกต้องจากพยานหลักฐานที่ได้จากการสังเกตธรรมชาติอย่างแท้จริงและเป็นเวลายาวนาน การทดลองมีประโยชน์แต่ไม่ได้จำเป็นกับวิทยาศาสตร์ทุกสาขา เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หลายๆอย่างได้รับการตรวจสอบความถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องมีการทดลอง

ตารางที่ 28 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 7

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	95.24 (40)
X ผิด	ถูก	4.76 (2)

จากตารางที่ 28 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 4.76 และ ร้อยละ 95.24 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องทั้งหมดนั้นอธิบายเหตุผลว่า วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องมีการทดลองเสมอไป

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องทดลองเสมอไป เช่น

“ผิด เพราะวิทยาศาสตร์ต้องมีการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และเก็บรวบรวมหลักฐานต่างๆด้วย ไม่ใช่แค่ทำการทดลองเพียงอย่างเดียว การทดลองเป็นเพียงส่วนหนึ่งของวิธีทางวิทยาศาสตร์” (F4213)

และนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจ วิทยาศาสตร์ต้องมีการทดลองเพราะการทดลองสามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริง เช่น

“ถูก เพราะหากมีการทดลองในชิ้นงานใดชิ้นงานหนึ่ง ก็จะจัดว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ได้” (F4237)

คำถาม ___9.นักวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดกระทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย **(Scientists manipulate their experiments to produce particular results.)**

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ การทดลองในทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์หรือเป้าหมาย การที่จะทำการทดลองนั้น ผู้ทดลองมีความคาดหวังหรือกำลังมองหาบางสิ่งบางอย่างอยู่ในใจ การคาดหวังล่วงหน้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบหรือการทำการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าแทบไม่มีการทดลองใดที่จัดกระทำขึ้นโดยไม่มีวัตถุประสงค์ว่าจะศึกษาอะไร โดยสิ่งที่เป็นรูปธรรมอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นว่าการทดลองมีการ

คาดหวังนั้น ก็คือ การตั้งสมมติฐาน ซึ่งอาจได้มาจากประสบการณ์เดิม แนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องนั้นๆ

ตารางที่ 29 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 9

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	92.86 (39)
X ผิด	ผิด	7.14 (3)

จากตารางที่ 29 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 92.86 และ ร้อยละ 7.14 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิดทั้งหมด ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบถูกต้องส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่า นักวิทยาศาสตร์กระทำสิ่งใดต้องมีจุดมุ่งหมาย เช่น

“ถูก เพราะนักวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเสมอจะเห็นได้จากการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการทำงานอย่างเป็นระบบ มีเหตุและผล’ (F4213)

คำถาม ___11. การทดลองสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นถูกต้องได้(An experiment can prove a theory true.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ การทดลองจะสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นเป็นจริง เป็นความเข้าใจผิดอย่างมาก การทดลองหลายครั้ง ก็ไม่สามารถพิสูจน์ทฤษฎีว่าเป็นข้อเท็จจริงได้อย่างเพียงพอ แต่ทฤษฎีที่มีอยู่อย่างยาวนาน และได้รับการยอมรับ ก็เพราะทฤษฎีนั้นผ่านการตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำเล่า โดยวิธีการหลากหลาย มีการเฝ้าสังเกตเพื่อตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายที่มีความเชี่ยวชาญอย่างสม่ำเสมอ ตรงจุดนี้เองแสดงได้ว่าเป็นการตรวจสอบความถูกต้องป้องกันความเป็นอคติของมนุษย์

ตารางที่ 30 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 11

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	92.86 (39)
X ผิด	ถูก	7.14 (3)

จากตารางที่ 30 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 7.14 และ ร้อยละ 92.86 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องทั้งหมดนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด ตอบผิด โดยมีความเข้าใจว่า การทดลองสามารถยืนยันทฤษฎีว่าถูกต้อง เช่น

“ถูกต้อง เพราะว่าการทดลองนั้นสามารถพิสูจน์และยืนยันได้ว่าทฤษฎีที่กล่าวไว้นั้นถูกต้อง ทำให้ทฤษฎีนั้นๆ เป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ” (F4239)

ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ (Science Theories are Explanation of Science Facts) (ข้อ4, ข้อ8, ข้อ14, ข้อ18, ข้อ22)

คำถาม ___4. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่คำอธิบายไม่ใช่ข้อเท็จจริง (Scientific theories are explanations and not facts.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ ทฤษฎี คือคำอธิบายของสิ่งที่เราสังเกต หรือคำอธิบายของข้อเท็จจริงเหล่านั้น โดยทฤษฎีบางทฤษฎีถูกยืนยันและได้รับการยอมรับมาเป็นเวลานาน จนทำให้หลายคนคิดว่าทฤษฎีนั้นเป็นข้อเท็จจริง แต่ที่ถูกต้อง ทฤษฎีไม่ใช่ข้อเท็จจริง แต่เป็นคำอธิบายของข้อเท็จจริง เพราะเราไม่สามารถสังเกตทฤษฎีได้ แต่ทฤษฎีถูกสร้างจากสิ่งที่เห็น

ตารางที่ 31 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 4

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	42.86 (18)
X ผิด	ผิด	57.14 (24)

จากตารางที่ 31 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 42.86 และ ร้อยละ 57.14 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิด ร้อยละ 66.67 ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ 33.33 อธิบายเหตุผลว่า ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อเท็จจริง

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด ตอบผิด โดยมีความเข้าใจว่า ทฤษฎีคือข้อเท็จจริง เช่น

“ผิด เพราะ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต้องเป็นข้อเท็จจริงที่สามารถพิสูจน์ได้และมีการทดลองที่อธิบายความจริงนั้นๆ แล้วจึงได้ตั้งเป็นทฤษฎีขึ้นมา” เช่น ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (F4213)

คำถาม ___8. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา
(Scientific theories only change when new information becomes available.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ แม้ว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะถูกยืนยันโดยหลักฐานพยานต่างๆมาเป็นเวลานาน แต่ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้าหากมีการตีความบนหลักฐานใหม่ หรือมีวิธีการ เทคนิค ในการศึกษาใหม่ หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงไป ก็ทำให้ทฤษฎีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ ทฤษฎีการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางที่ 32 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 8

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	73.81 (31)
X ผิด	ถูก	26.19 (11)

จากตารางที่ 32 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 26.19 และ ร้อยละ 73.81 ตอบผิด โดยนักเรียน ร้อยละ 72.73 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ และ ร้อยละ 27.27 อธิบายเหตุผลว่า ข้อมูลใหม่ต้องดีกว่าข้อมูลเดิม

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่า ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่ๆที่ดีกว่ามาหักล้าง เช่น

“ผิด เพราะทฤษฎีนั้นจะเปลี่ยนแปลงก็ต้องดูด้วยว่าข้อมูลใหม่ๆ ที่เข้ามาน่าเชื่อถือกว่าข้อมูลเดิมหรือเปล่า เพราะต้องเป็นข้อมูลใหม่ๆ ที่ดีกว่าเดิม พิสูจน์ได้ และได้รับการยอมรับ จึงจะสามารถทำให้ทฤษฎีเดิมถูกหักล้างลงและเปลี่ยนแปลงไปได้” (F4213)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่ๆ เช่น

“ถูก เพราะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีข้อค้นพบความรู้ใหม่ๆ” (M4227)

คำถาม ___14. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร(Scientific theories are just ideas about how something works.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ คนทั่วไปมักมีความเข้าใจผิดว่า ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ เป็นภาษาปราชญ์ หรือมองว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดของบุคคลใดบุคคลหนึ่งเท่านั้น เช่น คนอเมริกันมักพูดติดปากว่า“just a theory” ซึ่งแปลว่า “มันเป็นเพียงแค่ทฤษฎีเท่านั้น” ทำให้ทราบโดยนัยว่า พวกเขาเข้าใจทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแค่เพียงความคิด ในความเป็นจริงแล้ว ทฤษฎี คือคำอธิบายของสิ่งที่เราสังเกต หรือคำอธิบายของข้อเท็จจริงเหล่านั้น

ตารางที่ 33 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 14

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	71.43 (30)
X ผิด	ถูก	28.57 (12)

จากตารางที่ 33 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 28.57 และ ร้อยละ 71.43 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูกต้องทั้งหมด ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่าทฤษฎีไม่ใช่ความคิด เช่น

“ผิด เพราะทฤษฎีไม่ใช่ความคิดสามารถสร้างเป็นกระบวนการได้ด้วย เช่น อาจสามารถทำการทดลองตามทฤษฎีเพื่อพิสูจน์ว่ามันจริงตามนั้นหรือไม่ หรือไม่บางทีทฤษฎีอาจอธิบายกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้” (M4227)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด เข้าใจว่า ทฤษฎีคือความคิดของมนุษย์ที่อธิบายการทำงานของบางสิ่ง เช่น

“ถูก เพราะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นแค่ความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร เพราะมันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ จะเห็นได้จากตัวอย่างของเรื่องทฤษฎีที่เกี่ยวกับเอกภพจักรวาล หรือดาราศาสตร์อะไรพวกนี้ บางคนก็ว่าเป็นอย่างนู้นอย่างนี้ ไปต่างๆ นานา” (F4237)

คำถาม .___18. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับคือ สมมติฐานที่ได้รับการยืนยันจากหลักฐานจำนวนมากและยังไม่มีหลักฐานอื่นที่สามารถหักล้างได้ (An accepted scientific theory is a hypothesis that has been confirmed by considerable evidence and has endured all attempts to disprove it.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้นได้ผ่านการตรวจสอบโดยการใช้ประจักษ์พยานหรือหลักฐานจำนวนมากที่เป็นเบื้องหลังในการสนับสนุนข้อมูลต่างๆที่นำมาอธิบายทฤษฎีนั้นๆ โดยทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ผ่านการตรวจสอบสมมติฐานผ่านการยืนยันมาแล้วนับครั้งไม่ถ้วน จากนักวิทยาศาสตร์หรือผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ และมีประสบการณ์กับเรื่องนั้นๆ จนทำให้เป็นที่ยอมรับ และมีความน่าเชื่อถือ จนทำให้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนต่อการพยายามที่จะล้มล้าง (disconfirm)

ตารางที่ 34 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 18

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	73.81 (31)
X ผิด	ผิด	26.19 (11)

จากตารางที่ 34 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 73.81 และ ร้อยละ 26.19 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิด ร้อยละ 72.73 ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ 27.27 อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับคำตอบว่า หลักฐานจำนวนมาก ถูกหักล้างเมื่อมีข้อมูลใหม่q ที่ถูกต้องและดีกว่าเข้ามา

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่าทฤษฎีจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีหลักฐานใหม่มาหักล้าง เช่น

“ถูก เพราะคิดว่าทฤษฎีจะถูกหักล้างได้จะต้องมีหลักฐานที่สามารถมาเปลี่ยนแปลงข้อมูลเดิมได้ เช่น ได้ข้อค้นพบใหม่ๆ (M4227)

คำถาม ___22. นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบในการวิจัยอื่น ๆ ต่อไป (Scientists construct theories to guide further research.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ หน้าที่ที่แท้จริงของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นแนวทางในการทำวิจัยต่อไปในอนาคต (guidance for further research) ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะสำคัญมากของวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่า มีองค์ความรู้ใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นจากทฤษฎีวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีมานานถึง 150 ปีมาแล้ว ทฤษฎีวิวัฒนาการนี้ก็เป็นข้อมูลที่นำไปสู่การค้นพบข้อความรู้อื่นๆที่มากมายในเวลาต่อมา

ตารางที่ 35 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 22

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	95.24 (40)
X ผิด	ผิด	4.76 (2)

จากตารางที่ 35 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 95.24 และ ร้อยละ 4.76 ตอบผิด โดยนักเรียนทั้งหมดที่ตอบผิด ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องส่วนใหญ่ ให้เหตุผลว่า ทฤษฎีเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยต่อไป เช่น

“ถูก เพราะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เหมือนเป็นบันไดให้นักวิทยาศาสตร์รุ่นหลังนำไปใช้เป็นข้อมูลในการสำรวจข้อมูลต่างๆ เพื่อทำวิจัยต่อไป และได้ทฤษฎีใหม่เพิ่มเติมหรือบางทีไม่ก็อาจจะหักล้างทฤษฎีใหม่ไปเลยก็ได้” (F4213)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า ไม่แน่เสมอไปที่ต้องใช้ทฤษฎีเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย เช่น

“ผิด เพราะคิดว่าไม่แน่เสมอไป ที่การจะทำวิจัยเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ใหม่ๆ อะไรซักอย่างต้องศึกษามาจากทฤษฎีเดิมๆ ที่ค้นพบแล้ว เพราะนักวิทยาศาสตร์บางคนอาจจะศึกษาและทดลองในสิ่งที่ตนเองสงสัยเอง ไม่เคยมีใครคิดมาก่อน และใช้การรับรู้จากการสังเกต ในการทำงานและตีกรอบงานวิจัยของเขาโดยไม่จำเป็นต้องใช้ทฤษฎีอื่นๆ มาช่วยในการทำงานเลย’ (M4227)

ด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ (Scientific Laws are description of Nature‘s behavior) (ข้อ15, ข้อ17, ข้อ19, ข้อ24)

คำถาม ___15.กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นทฤษฎีที่ถูกยืนยันอย่างมากและกว้างขวาง (A scientific law is a theory that has been extensively and thoroughly confirmed.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ ความเข้าใจผิดที่พบอีกอย่าง คือ การมองว่ากฎและทฤษฎีมีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้น เช่น กฎครั้งหนึ่งเคยเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับจากนักวิทยาศาสตร์ทุกคน และได้ผ่านการตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นเวลานานว่าเป็นข้อเท็จจริง กล่าวอีกนัยหนึ่ง กฎเปลี่ยนมาจากทฤษฎี แต่ในความเป็นจริงแล้ว กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นเพียงการบรรยายหรือพรรณนาถึงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ในธรรมชาติว่าเป็นอย่างไรเท่านั้น แต่ในขณะที่ทฤษฎีเป็นคำอธิบายที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่เรามองเห็น จึงเห็นได้ว่าทั้งสองอย่างนี้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง

ตารางที่ 36 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 15

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	95.24 (40)
X ผิด	ถูก	4.76 (2)

จากตารางที่ 36 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 4.76 และ ร้อยละ 95.24 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูกต้องทั้งหมด ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ถูกสัมภาษณ์ทั้งหมด ตอบผิด โดยมีความเข้าใจว่า กฎคือทฤษฎี และมีความเข้าใจว่า กฎและทฤษฎีแน่นอน ไม่เปลี่ยนแปลงเช่น

“ถูก เพราะกฎคือทฤษฎีและทฤษฎีก็คือข้อเท็จจริงที่ถูกต้องจึงจะได้รับการยืนยัน” (M4229)

“ถูก เพราะกฎบางกฎเป็นกฎที่ตายตัว สามารถใช้ได้ทั่วโลก เพื่อทำนายหรืออธิบายสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้น ไม่เปลี่ยนแปลง” (M4216)

คำถาม ___17. กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะได้รับการพิสูจน์มามากแล้วว่าถูกต้อง (A scientific law will not change because it has been proven true.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ คนทั่วไปมักเกิดความเข้าใจผิดว่า กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ ข้อเท็จจริงที่ผ่านการตรวจสอบมาแล้ว ฉะนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่ถูกต้องนั้น กฎทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับทฤษฎี สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการค้นพบข้อผิดพลาดในอดีต และค้นพบหลักฐานที่เป็นประจักษ์พยานใหม่ขึ้นมา

ตารางที่ 37 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 17

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	54.76 (23)
X ผิด	ถูก	45.24 (19)

จากตารางที่ 37 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 45.24 และร้อยละ 54.76 ตอบผิด โดยนักเรียน ร้อยละ 78.95 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ และ ร้อยละ 21.05 อธิบายเหตุผลว่า เมื่อได้ข้อมูลใหม่ๆ ที่ถูกต้อง กฎสามารถเปลี่ยนแปลงได้

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่ากฎสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น

“ผิด เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากมีข้อมูลใหม่ๆที่ดีกว่าเดิมมาหักล้าง” (M4227)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น

“ถูก เพราะข้อนี้ผมขอแสดงความคิดเห็นว่า กฎทางวิทยาศาสตร์นั้นไม่เปลี่ยนแปลงได้ เพราะกฎต่างๆ นี้ผ่านการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ ไม่ว่าจะเป็นการสังเกต รวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ผ่านการพิสูจน์จากนักวิทยาศาสตร์มาหลายท่านและได้รัยการยอมรับจนทั่วกัน” (M4229)

คำถาม ___19. กฎทางวิทยาศาสตร์พรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถเห็นได้แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์นั้น ๆ (A scientific law describes relationships among observable phenomena but does not explain them.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ กฎทางวิทยาศาสตร์ คือ เป็นเพียงการบรรยายหรือพรรณนาถึงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ในธรรมชาติว่าเป็นอย่างไรเท่านั้น แต่ในขณะที่ทฤษฎีเป็นคำอธิบายที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ที่เรามองเห็น จึงเห็นได้ว่าทั้งสองอย่างนี้แตกต่างกัน

ตารางที่ 38 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 19

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	50.00 (21)
X ผิด	ผิด	50.00 (21)

จากตารางที่ 38 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 50.00 และร้อยละ 50.00 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิด ร้อยละ 61.90 ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ 38.10 มีความเข้าใจว่า กฎอธิบายทุกๆ สิ่งที่เกิดขึ้นกับปรากฏการณ์เหล่านั้น

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่า กฎพรรณนาความสัมพันธ์แต่ไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์ เช่น

“ถูก เพราะเห็นด้วยกับที่โจทย์กล่าว ก็เห็นว่ากฎบอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ แต่จะไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์นั้นได้ เนื่องจากทฤษฎีจะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของกฎนั้นได้อีกที” (F4237)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด ให้เหตุผลว่า กฎทางวิทยาศาสตร์สามารถพรรณนาและอธิบายความสัมพันธ์ได้ เช่น

“ผิด เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์ถูกพิสูจน์มาเพื่อข้อเท็จจริงต่างๆ ดังนั้นเมื่อใช้พรรณนาความสัมพันธ์ต่างๆ ก็ต้องสามารถอธิบายสิ่งเหล่านั้นได้ด้วย” (F4213)

คำถาม ___24. กฎทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ที่สุดและแน่นอน (Scientific laws are absolute or certain.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ผิด เพราะ คนทั่วไปมักเกิดความเข้าใจผิดว่า กฎทางวิทยาศาสตร์คือ ข้อเท็จจริงที่ผ่านการตรวจสอบมาแล้ว ฉะนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ที่ถูกต้องนั้น กฎทางวิทยาศาสตร์ เช่นเดียวกับทฤษฎี สามารถเปลี่ยนแปลงได้ หากมีการค้นพบข้อผิดพลาดในอดีต และค้นพบหลักฐานที่เป็นประจักษ์พยานใหม่ขึ้นมา

ตารางที่ 39 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 24

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ผิด	90.48 (38)
X ผิด	ถูก	9.52 (4)

จากตารางที่ 39 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้องร้อยละ 9.52 และร้อยละ ตอบผิด 90.48 โดยนักเรียน ร้อยละ 50.00 ของนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้องนั้น ไม่ให้เหตุผลประกอบคำตอบ และ ร้อยละ 50.00 อธิบายเหตุผลว่า ไม่แน่เสมอไปที่กฎสมบูรณ์แน่นอน

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า กฎเป็นข้อเท็จจริงที่พิสูจน์แล้วไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่า กฎสามารถเปลี่ยนแปลงได้ถ้ามีหลักฐานใหม่มาหักล้าง เช่น

“ผิด เพราะคิดว่ากฎทางวิทยาศาสตร์ไม่มีคำว่าขีดสุด โลกนี้ยังน่าจะมีอะไรอีกหลายอย่างที่มนุษย์ยังไม่รู้ หรือยังไม่ถูกค้นพบ จะเห็นได้ว่ามันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอด หากเราค้นพบอะไรเพิ่มเติม” (M4227)

ด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ (Science is a creative enterprise) (ข้อ13, ข้อ21, ข้อ23)

คำถาม ___13. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Imagination and creativity are used in all stages of scientific investigations.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ ความเข้าใจผิดอย่างหนึ่ง พบว่า ถึงแม้ว่าจะมีบุคคลอีกหลายกลุ่มที่ยอมรับว่ากิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ แต่พวกเขากลับคิดว่านักวิทยาศาสตร์จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพียงในช่วงต้นของการทำงานเท่านั้น ความจริงแล้วกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จะใช้ความคิดสร้างสรรค์ในทุกๆ ขั้นตอน ไม่ว่าจะเริ่มตั้งแต่การเก็บข้อมูลว่าควรทำอย่างไร จะวิเคราะห์ข้อมูลอย่างไร การออกแบบการทดลองและทำการทดลองอย่างไร ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น

ตารางที่ 40 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 13

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	88.10 (37)
X ผิด	ผิด	11.90 (5)

จากตารางที่ 40 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 88.10 และ ร้อยละ11.90 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิดทั้งหมดไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่า จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ใช้ทุกขั้นตอนของการสืบเสาะ เช่น

“ถูก เพราะจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์สามารถนำไปใช้ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ได้ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การสังเกต การทดลอง การสรุป และยังช่วยให้งานนั้นดียิ่งขึ้นกว่าไม่ได้ใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ด้วย” (F4239)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ไม่จำเป็นต้องใช้ในทุกกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เช่น

“ผิด เพราะจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์อาจจะไม่จำเป็นว่าจะนำไปใช้ได้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ อาจไม่จำเป็นต้องใช้จินตนาการก็ได้ และอีกอย่างจินตนาการบางอย่างอาจไม่ได้นำไปสู่ความรู้ใหม่ๆ แต่อาจเป็นเพียงการคิดเพ้อฝันของเราเองเพียงลำพัง” (F4214)

คำถาม ___21. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี (Scientists invent explanations, models or theoretical entities.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ คำอธิบายในทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลอง หรือตัวตนในเชิงทฤษฎี (Theoretical entities) นั้น แท้จริงแล้วเป็นการสร้างสรรค์ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการ (Imaginatively) และความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขา

ตารางที่ 41 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 21

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	85.71 (36)
X ผิด	ผิด	14.29 (6)

จากตารางที่ 41 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 85.71 และ ร้อยละ14.29 ตอบผิดโดยนักเรียนที่ตอบผิดทั้งหมดไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลว่า งานของนักวิทยาศาสตร์คือการสร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี เช่น

“ถูก เพราะการที่นักวิทยาศาสตร์จะสร้างคำอธิบายในเรื่องต่างๆ ที่ศึกษา จะต้องพยายามสร้างผลงาน จากสิ่งที่ศึกษา โดยอาจจะสามารถสร้างทฤษฎีได้ด้วยตนเอง หรือไม่ก็ต่อยอดมาจากท่านอื่นๆ และจากคำอธิบายที่รวบรวมก็อาจจำเป็นต้องมีแบบจำลองหรือโมเดลเพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น และเพื่อยืนยันข้อมูลในสิ่งที่เราค้นคว้ามาด้วย’ (M4229)

คำถาม ___23. นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าบางสิ่งบางอย่างอยู่จริงตามทฤษฎีทั้ง ๆ ตนก็ไม่เคยเห็น (Scientists accept the existence of theoretical entities that have never been directly observed.)

แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ถูก เพราะ เห็นได้ว่า คำอธิบายในทางวิทยาศาสตร์ แบบจำลอง หรือบางสิ่งบางอย่างในเชิงทฤษฎี (theoretical entities) นั้น แท้จริงแล้วเป็นการสร้างสรรค์ผลงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดขึ้นจากการใช้จินตนาการ (Imaginatively) และความคิดสร้างสรรค์

ตารางที่ 42 จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกและตอบผิดในข้อที่ 23

การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)
√ ถูก	ถูก	73.81 (31)
X ผิด	ผิด	26.19 (11)

จากตารางที่ 42 จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากแบบสอบถามนั้น นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 73.81 และ ร้อยละ26.19 ตอบผิด โดยนักเรียนที่ตอบผิด ร้อยละ 81.82 ไม่ให้เหตุผลว่าผิดอย่างไร และ ร้อยละ18.18 ให้เหตุผลว่า ทฤษฎีต้องมีการพิสูจน์นักวิทยาศาสตร์จึงจะยอมรับ

นอกจากนี้ เมื่อสุ่มสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่า นักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง ให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำตอบว่า ยอมรับทฤษฎีเพราะเชื่อถือตามกันมา เช่น

“ถูก อาจเป็นเพราะคนอื่นเชื่อถือกันมาเป็นเวลานานก็เชื่อว่ามันถูกต้องตามที่เขาว่าในทฤษฎีทั้งทีเราก็ไม่เคยพิสูจน์หรือเคยเห็นด้วยตนเองเหมือนกับเราที่ต้องมานั่งเรียนทฤษฎีนั้นนู้นนี้ทั้งๆ ที่ก็ไม่เคยพิสูจน์เองว่ามันถูกต้องหรือไม่’ (F4239)

ส่วนนักเรียนที่ตอบผิด มีความเข้าใจว่า ทฤษฎีต้องพิสูจน์มาแล้วจึงได้รับการยอมรับ เช่น

“ผิด เพราะบางสิ่งที่ไม่เคยเห็นอาจไม่มีอยู่จริงก็ได้ อย่างเรื่องที่เกี่ยวกับจักรวาลบางอย่างที่คิดไปต่างๆ นานา หากยังไม่ได้ขึ้นไปพบไปเจอและสำรวจอวกาศ และเห็นว่ามันจริงตามนั้นก็คงเป็นการคาดเดาไปเอง เช่นเรื่องดวงจันทร์ตอนแรกว่ามันนวลเนียน แต่จริงๆ ผิวมันขรุขระ หรือเรื่องโลกแบน แต่ตอนหลังก็บอกว่าโลกกลม หากยังไม่มีการพิสูจน์หรือเห็นด้วยตาตัวเอง ก็คิดว่าไม่น่าเชื่อถือ และไม่แน่ว่าเป็นจริง” (M4229)

สรุปความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ใน 7 ด้าน ของนักเรียนก่อนเรียนรู้ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว และด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ และ ด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ

จากผลการวิจัย โดยภาพรวมความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียน สามารถสรุปเป็นคะแนนเฉลี่ยได้จากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = คะแนนเฉลี่ยในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด

$\sum X$ = คะแนนรวมใน 24 ข้อ ของนักเรียนทุกคน

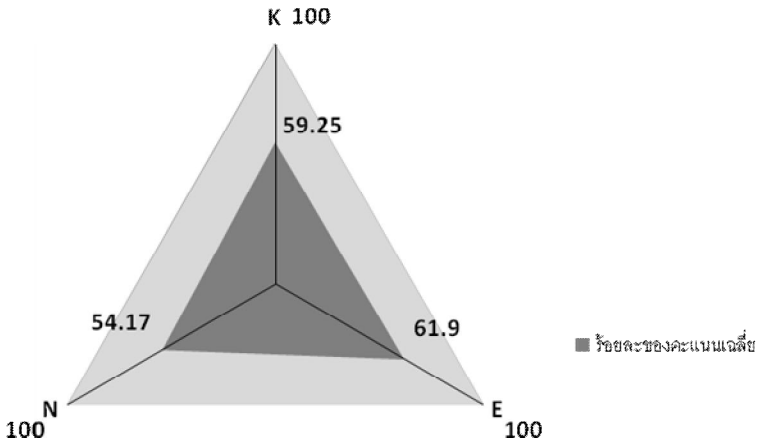
N = จำนวนนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 42 คน

จากการคำนวณทางสถิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้ คือ 13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 24 คะแนน และเมื่อคิดเป็นร้อยละนักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 54.17

5. สรุปการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้

ผู้วิจัยวิเคราะห์การรู้วิทยาศาสตร์ ตามกรอบแนวคิดที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยการรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะโลกร้อน นั้นประกอบด้วยกัน 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) และ 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

ซึ่งโดยภาพรวมสามารถสรุปการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน ก่อนจัดการเรียนรู้ ได้ดังแผนภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้

6. อภิปรายและวิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์การรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ก่อนจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเสนอความคิดเห็นตามลำดับดังนี้

1. การศึกษาความเข้าใจในด้านความรู้ (Knowledge) เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน ร้อยละ 59.25 ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งพิจารณามาจากความเข้าใจแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน และความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ100 เคยได้ยินคำว่า “ภาวะโลกร้อน” และเมื่อพิจารณาคำอธิบายเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อน ของนักเรียนทั้งหมดที่เคยได้ยินนั้น ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) เพราะนักเรียน ร้อยละ 45.24 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และมีนักเรียน ร้อยละ50 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SM) ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วน (PU) แต่ถ้าพิจารณาจากคำตอบแล้ว คำอธิบายของนักเรียนส่วนใหญ่เป็นสาเหตุเกี่ยวกับปัจจัยที่เพิ่มความรุนแรงของภาวะโลกร้อน โดยไม่ได้อธิบายถึงกระบวนการหรือกลไกการเกิดภาวะโลกร้อนอย่างแท้จริง แต่ถ้าพิจารณาคำตอบที่อธิบายกระบวนการเกิดภาวะโลกร้อนจะพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) เช่นนักเรียนอธิบายว่า “กลไกการเกิด เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และสาร CFC ไปทำลายชั้นโอโซน” (M4229) ซึ่งเป็นคำอธิบายที่คลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดที่ถูกต้อง เนื่องจากการเกิดภาวะโลกร้อนกับการที่ชั้นโอโซนถูกทำลายนั้นเกิดจากกระบวนการที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rye *et al*. (1997) ที่ได้สำรวจความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องภาวะโลกร้อน พบว่า นักเรียนส่วนมากมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการเกิดรูโหว่ของชั้นโอโซนนั้นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสาร CFC เป็นตัวทำลายชั้นโอโซน ซึ่งสาเหตุที่ทำให้นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเช่นนี้ อาจเพราะการจัดการเรียนการสอนของครู หรือสื่อต่างๆ มักจะนำเสนอสองสถานการณ์นี้ควบคู่กัน ทำให้นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่า การที่ชั้นโอโซนถูกทำลายเป็นสาเหตุหลักของการที่ทำให้โลกร้อนขึ้น เนื่องจากทั้งสองสถานการณ์มีการอธิบายถึงเรื่องรังสีจากดวงอาทิตย์และสาร CFC อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสองเข้าด้วยกัน สำหรับความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน ของนักเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ทราบว่า ผลกระทบที่เกิดจากปัญหาภาวะโลกร้อนนั้นมีอย่างไรบ้าง แต่นักเรียนยังไม่เข้าใจครอบคลุมในทุกด้านของผลกระทบ ดังนั้น นักเรียน

ส่วนมากจะตอบผลกระทบที่เกิดขึ้นเพียงด้าน หรือสองด้านเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีนักเรียนที่มีแนวคิดถูกบางส่วนและมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (PUSM) การที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนอาจมาจากการที่สื่อต่างๆ นำเสนอเรื่องประเด็นภาวะโลกร้อนโดยไม่ได้อธิบายให้ถูกต้องและชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Corbett *et al*. (2004) ซึ่งกล่าวว่า สื่อมีผลต่อการรับรู้ของประชาชน หากสื่อนำเสนอข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมทุกด้านก็จะส่งผลให้การรับรู้ของประชาชนมีความคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดที่ถูกต้อง

2. การศึกษาการมีส่วนร่วม (Engagement) เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน พบว่า นักเรียนเคยมีส่วนร่วม ร้อยละ 61.90 และส่วนมากเป็นการมีส่วนร่วมในระดับบุคคล ที่สามารถกระทำได้ด้วยตนเอง ยังไม่เคยมีส่วนร่วมในระดับสังคม หรือมีส่วนร่วมในลักษณะการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน การที่นักเรียนยังมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อนไม่มากนัก อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่ตระหนักถึงความรุนแรงของปัญหาภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้น และยังไม่มีความรู้เรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนอย่างถูกต้อง เหมาะสม ซึ่งจากกการสำรวจความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนยังไม่ครอบคลุม เพราะคำตอบของนักเรียนส่วนมากเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนมีความเข้าใจว่าปัญหาภาวะโลกร้อนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติมากและชัดเจนที่สุด ทำให้นักเรียนคิดว่าควรจะมีส่วนร่วมและแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Aderson *et al*. (2000) ที่ศึกษาแนวคิดและมุมมองของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ โดยในหัวข้อหนึ่งของการวิจัยได้สอบถามนักเรียนว่า การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้อย่างไรบ้าง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า นักเรียนมีมุมมองในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนเพียง 1-2 ด้านเท่านั้น โดยด้านที่นักเรียนตอบมากที่สุดคือ ด้านการขนส่ง และสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Francis *et al*. (1993) ซึ่งสำรวจความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าการปลูกต้นไม้ สามารถลดการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อนได้

3. การศึกษาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 54.17 ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียวและด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็น

กิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ โดยการที่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนนี้ อาจเพราะรูปแบบของกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไม่ได้เปิดโอกาสหรือเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจในเรื่องธรรมชาติวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Rubba *et al.* (1981), Meichtry (1993) และ Lederman *et al.* (2002) ที่สำรวจและศึกษาความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนและยังมีความเข้าใจไม่ครอบคลุมในทุกด้านของธรรมชาติวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่องภาวะโลกร้อน ไปใช้

1. ลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน

จากการศึกษาพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน2551 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หนังสือและงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับเรื่องภาวะโลกร้อน ทั้งในด้านสาเหตุและปัจจัยในการเกิดภาวะโลกร้อน รวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงกำหนดลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ รูปแบบของกิจกรรมจะให้ผู้เรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจมีโอกาสได้นำเสนอข้อมูลความรู้ และแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็น ทั้งนี้เพื่อทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนขึ้นได้โดยลำดับ ในส่วนของเนื้อหาผู้วิจัยจะเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีหน้าที่เป็นครูผู้สอนและจัดกิจกรรมเพื่อสร้างความสนใจ กระตุ้น ยั่วยุ ให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น มีความตระหนักและมีส่วนร่วม ในประเด็นที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน โดยในกิจกรรมแรก เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาสถานการณ์จำลองของปรากฏการณ์เรือนกระจก อันเป็นสาเหตุและกลไกในการเกิดภาวะโลกร้อน และกิจกรรมการวิเคราะห์ข่าวสารเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน นักเรียนจะได้ทำการประเมินค่าสื่อ บทความ เกิดความตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหา ดังกล่าว และในขั้นตอนของโครงงาน นักเรียนจะต้องเลือกปัญหาหรือประเด็น ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อทำการศึกษา และสำรวจตรวจสอบปัญหา สืบค้นข้อมูลต่างๆ ขั้นตอนนี้ครูช่วยกระตุ้นให้นักเรียน

ดำเนินการตรวจสอบ โดยส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล และเมื่อนักเรียนได้ข้อมูลจากการสำรวจ ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จัดกระทำข้อมูลในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ ฯลฯ ให้เห็นแนวโน้ม หรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบ อย่างเป็นเหตุเป็นผล มีการอ้างอิงหลักฐานชัดเจน และขั้นตอนการนำเสนอผลงาน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้สร้างความรู้ใหม่ ครูมีหน้าที่ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดด้วยตนเอง ให้นักเรียนแสดงหลักฐานและเหตุผลประกอบการอธิบาย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนนักเรียนด้วยกันตลอดจนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเผยแพร่องค์ความรู้ที่ได้ให้กับชุมชนและท้องถิ่นของตนเองต่อไป

ตารางที่ 43 กิจรรมการเรียนการสอนโครงงาน เรื่องภาวะโลกร้อน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

สัปดาห์ที่	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การดำเนินกิจกรรม	วัสดุอุปกรณ์/สื่อและแหล่งการเรียนรู้
1	ก๊าซเรือนกระจก สาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อน	1.นักเรียนสามารถอธิบายกลไกหรือกระบวนการเกิดภาวะโลกร้อนได้ 2.นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญในการร่วมกันป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	1. เป็นกิจกรรมที่ทำการทดลองเพื่อจำลองกลไกหรือกระบวนการเกิดภาวะโลกร้อน 2.ยกตัวอย่างการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน 3. นำเสนอแผนผังมโนทัศน์สรุปเรื่องภาวะโลกร้อน	1. Power point เรื่องภาวะโลกร้อน 2.ใบกิจกรรมที่ 1 “ปรากฏการณ์เรือนกระจกสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อน” 3.ขวดพลาสติกใส 3 ขวด/กลุ่ม 4.กรวดหินสีเข้ม 1 ถุง/กลุ่ม 5.โคมไฟ 1 โคม/กลุ่ม 6. สายยาง 1 สาย/กลุ่ม 7.เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน/กลุ่ม 8.ผงฟู 2-3 ช้อนชา/กลุ่ม 9. น้ำส้มสายชู 5-6 ช้อนโต๊ะ/กลุ่ม 10.ดินน้ำมัน

ตารางที่ 43 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การดำเนินกิจกรรม	วัสดุอุปกรณ์/สื่อและแหล่งการเรียนรู้
2-3	ผลกระทบของภาวะโลกร้อน /กางร่มให้โลกร้อนของเรา	1.นักเรียนสามารถอธิบายคำศัพท์ที่สำคัญที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนได้อย่างถูกต้อง 2.นักเรียนตระหนักและเห็นความสำคัญของผลกระทบที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อน 3.นักเรียนเสนอแนวทางในการมีส่วนร่วมป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	1.เป็นกิจกรรมวิเคราะห์ข่าวที่มีคำศัพท์เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน เช่น น้ำแข็งขั้วโลกละลาย พลังงานทางเลือก พิธีสารเกียวโต เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และมีความเข้าใจเกี่ยวกับคำศัพท์ที่สำคัญต่างๆ ของเรื่องภาวะโลกร้อน 2.กิจกรรม “คาร์บอนไดออกไซด์ของฉัน” เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนคำนวณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตนเองปล่อยออกมาจากการใช้พลังงานในแต่ละวัน 3.นำเสนอแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน	1.Power point เรื่องผลกระทบที่เกิดจากภาวะโลกร้อน 2. ข่าวต่างๆที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน 3. กระดาษ 4. ใบกิจกรรม “มารู้จักคำศัพท์เกี่ยวกับโลกร้อนจากข่าวกัน” 5.ใบกิจกรรม “คาร์บอนไดออกไซด์ของฉัน”
4	โครงงานวิทยาศาสตร์คืออะไร	1. นักเรียนอธิบายความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง 2. นักเรียนบอกประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้อง	1.นักเรียนแบ่งกลุ่มคละชายหญิง และเลือกประธานกลุ่ม เลขานุการ คณะกรรมการ ฯลฯ 2.เป็นกิจกรรมที่ได้ทำงานเป็นกลุ่มโดยร่วมอภิปรายความรู้เกี่ยวกับความหมายและประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์	1. Power point เรื่องโครงงานวิทยาศาสตร์คืออะไร 2.ใบกิจกรรม “เริ่มต้นกับโครงงานวิทยาศาสตร์”

ตารางที่ 43 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การดำเนินกิจกรรม	วัสดุอุปกรณ์/สื่อและแหล่งการเรียนรู้
5-6	การวิเคราะห์โครงงาน	1. นักเรียนสามารถวิเคราะห์และวิจารณ์โครงงานวิทยาศาสตร์ได้ 2. นักเรียนบอกประเภทของโครงงานวิทยาศาสตร์ที่วิเคราะห์ได้ถูกต้อง 3. นักเรียนอธิบายขั้นตอนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้	1.เป็นกิจกรรมที่ศึกษาตัวอย่างโครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องต่างๆ เพื่อวิเคราะห์และวิจารณ์โครงงานนั้นและนำเสนอผลการวิเคราะห์โครงงานหน้าชั้นเรียน	1.ใบกิจกรรม “การวิเคราะห์โครงงาน”
7-8	การเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์	1. นักเรียนสำรวจสถานการณ์และปัญหาสิ่งแวดล้อม ในชุมชน/ท้องถิ่นของตนเอง 2. นักเรียนตระหนักถึงปัญหาทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ของชุมชน 3.นักเรียนนำปัญหาของชุมชนและเลือกประเด็นที่สนใจมาทำโครงงาน เพื่อหาแนวทาง ในการป้องกันอนุรักษ์ หรือแก้ไข ปัญหาภาวะโลกร้อน	1.เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนออกสำรวจปัญหาทางสิ่งแวดล้อมของชุมชน 2.นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขและตัดสินใจเลือกปัญหาที่น่าสนใจมาทำโครงงาน	1.ใบความรู้ 2.ใบกิจกรรม “สำรวจและเลือกหัวข้อโครงงาน”
9-10	การวางแผนการทำโครงงาน	1. นักเรียนสามารถวางแผนการจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ 2. นักเรียนสามารถเขียนเค้าโครงของโครงงานวิทยาศาสตร์ได้	1. เป็นกิจกรรมที่จัดทำเค้าโครงของโครงงานตามแผนที่วางไว้จากปัญหาที่สนใจ โดยนักเรียนศึกษาหลักการและตัวอย่างการเขียนเค้าโครงของโครงงาน 2. นักเรียนนำเสนอเค้าโครง	1.ใบความรู้ 2.ใบกิจกรรม “การเขียนเค้าโครงของโครงงาน” 3. แบบประเมินการเขียนเค้าโครงของโครงงาน

ตารางที่ 43 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การดำเนินกิจกรรม	วัสดุอุปกรณ์/สื่อและแหล่งการเรียนรู้
11-14	การลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์	1. นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาคำตอบสำหรับปัญหาที่กลุ่มมีความสนใจร่วมกัน จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่มีในท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนสามารถวางแผนและดำเนินการตามแผนได้อย่างเป็นระบบ	1. เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือทำโครงงานวิทยาศาสตร์ตามหัวข้อของกลุ่มตนเองโดยมีการรายงานผลความก้าวหน้าของการทำโครงงานกับครู 2. เปิดโอกาสให้นักเรียนซักถามข้อสงสัยที่เกี่ยวกับโครงงานของแต่ละกลุ่มที่กำลังดำเนินการ	1.ใบกิจรรม “ความก้าวหน้าของโครงงานวิทยาศาสตร์ของเรา”
15-16	การเขียนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์	1. นักเรียนสามารถเขียนรายงานโครงงานวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง	1. เป็นกิจกรรมที่นักเรียนเขียนรายงานโครงงานของกลุ่มตนเองโดยศึกษารูปแบบหรือวิธีการเขียนรายงาน ในลักษณะที่หลากหลาย 2. จัดทำรายงานเป็นเอกสารรูปเล่ม	1.ใบกิจกรรม “การเขียนรายงานโครงงาน” 2.รูปแบบและตัวอย่างวิธีการเขียนรายงานในลักษณะต่างๆ
17-18	การเตรียมนำเสนอผลโครงงานวิทยาศาสตร์	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถเตรียมรูปแบบการนำเสนอโครงงานเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ตามความสนใจได้อย่างเหมาะสม 2. นักเรียนสามารถเตรียมรายงานเสนอผลงานโครงงานได้ถูกต้อง	1. เป็นกิจกรรมที่นักเรียนศึกษาเรื่องวิธีการจัดแสดงและนำเสนอผลงานของโครงงานที่หลากหลาย 2. เลือกวิธีที่เหมาะสม 3. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันออกแบบแผงผังโครงงาน เพื่อเตรียมการนำเสนอผลที่ได้จากการทำโครงงาน	1.ใบความรู้ 2.ใบกิจกรรม “มาเตรียมนำเสนอผลงานโครงงานวิทยาศาสตร์กันเถอะ”

ตารางที่ 43 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	เรื่อง	วัตถุประสงค์	การดำเนินกิจกรรม	วัสดุอุปกรณ์/สื่อและแหล่งการเรียนรู้
17-18	การเตรียมนำเสนอผลโครงงานวิทยาศาสตร์	3. นักเรียนจัดเสนอผลงานโครงงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม		
19-20	การนำเสนอผลงาน	1. นักเรียนสามารถสรุปอภิปรายผล และนำเสนอผลงานโครงงาน ได้ 2. นักเรียนสามารถประเมินผลโครงงานได้ 3. นักเรียนเผยแพร่โครงงานให้กับชุมชนท้องถิ่นของตนเองได้	1. เป็นกิจกรรมที่นักเรียนแต่ละกลุ่มจัดแสดงผลงาน 2. นักเรียนและครูช่วยกันประเมินโครงงาน ของแต่ละกลุ่ม	1.แบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์

2. ผลงานของนักเรียน

นักเรียนได้จัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน โดยได้วางแผน ดำเนินการ สืบเสาะหาความรู้ ค้นคว้าหาข้อมูล ทดลอง ปฏิบัติงาน ด้วยตนเองจากกระบวนการทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ โดยโครงงานวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้จัดทำมีดังต่อไปนี้

1. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เป็นปัจจัยการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อนในจังหวัดนนทบุรี โดยวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานเรื่องนี้ คือ เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่ยืนยันว่าในชุมชนกำลังมีปัญหาภาวะโลกร้อนเกิดขึ้น ทั้งนี้ก็เพื่อเป็นประโยชน์กับทุกคนที่ได้ศึกษาโครงงานนี้ได้ทราบข้อมูลเบื้องต้นที่มีผลอันนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในชุมชน และก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนตามมา รวมไปถึงสร้างความตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อน และทำให้คนในชุมชนมีส่วนร่วมและเร่งหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในชุมชนแห่งนี้ต่อไปในที่สุด

โดยปัจจัยพื้นฐานที่นักเรียนรวบรวมได้ คือ จำนวนประชากร ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้รถยนต์ ความสะอาดของแหล่งน้ำ และผลจากการศึกษาพบว่า ในจังหวัดนนทบุรี มีปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากร โดยมีแหล่งชุมชนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 10 ปี และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ มีการใช้รถยนต์และการคมนาคมขนส่งเพิ่มขึ้น และมีปัญหาเรื่องคุณภาพของแม่น้ำมีสภาพเสื่อมโทรม ซึ่งก็สามารถยืนยันได้ในระดับหนึ่งว่าในจังหวัดนนทบุรีมีปัจจัยหลายประการที่ส่งผลต่อการเกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ในชุมชน

ภาพที่ 7 นักเรียนรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานราชการต่างๆ ของชุมชน เพื่อทำโครงงานการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการเกิดภาวะโลกร้อน

2. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องการสำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้าในจังหวัดนนทบุรี โดยวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานนี้ คือ 1. เพื่อสำรวจและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในจังหวัดนนทบุรี 2. เพื่อสร้างความตระหนักและปลูกจิตสำนึกในการรับผิดชอบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุมชน โดยเริ่มจากการมีส่วนร่วมของทุกคนในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในครัวเรือน และการช่วยกันประหยัดพลังงานไฟฟ้า ในหน่วยงาน สถานพยาบาล สวนสาธารณะ และสถานที่ส่วนรวมต่างๆ ในชุมชน 3. เป็นแนวทางในการช่วยแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในชุมชน จากการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ผลจากการศึกษา พบว่า พื้นที่ที่มีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุดในเขตการจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ โดยเขตที่มีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้ามากที่สุด คือ เขตนนทบุรี มีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า 236,674 ราย ในสิ้นปีงบประมาณ ปี พ.ศ. 2545 โดยในปริมาณการใช้

ไฟฟ้าในจังหวัดนนทบุรีในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าอัตรา 1,798.66 ล้านหน่วย และปี พ.ศ. 2544 มีประมาณการใช้ไฟฟ้าในอัตรา 2,188.73 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 22.0 และตั้งแต่ พ.ศ.2545-2550 การใช้ไฟฟ้าในจังหวัดนนทบุรีเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ สูงสุดในปี พ.ศ.2548 แล้วค่อยลดลงมาตามลำดับ และจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลดังกล่าวนี้ ก็เพื่อเป็นประโยชน์ให้คนในชุมชนได้รับรู้ถึงสถานการณ์ของปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของชุมชน เกิดความตระหนักและเห็นความสำคัญของการใช้พลังงานไฟฟ้า และพร้อมที่จะร่วมรับผิดชอบต่อสังคม นอกจากนี้โครงงานนี้ได้เผยแพร่และเสนอแนะวิธีการในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อปลูกฝัง กระตุ้น และชักจูงให้คนในชุมชนมีการประหยัดไฟฟ้า

3. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชที่ใช้แล้วโดยวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานนี้ คือ 1. เพื่อนำน้ำมันที่ใช้แล้วซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม นำกลับมาใช้เป็นน้ำมันเชื่อเพลิง 2.เพื่อศึกษาการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย ซึ่งโครงงานนี้เป็นโครงงานประเภทการทดลอง โดยทดลองศึกษาอัตราส่วนความเข้มข้นของสารเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติเป็นเบสละลายในเมทานอลกับจำนวนการล้างน้ำเพื่อให้ไบโอดีเซลมีสมบัติเป็นกลาง โดยใช้น้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้ว 1 ครั้ง ผลที่ศึกษาพบว่า หากใช้สารเร่งปฏิกิริยาที่มีสมบัติเป็นเบสที่มีความเข้มข้นมากกับน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้แล้ว 1 ครั้ง จะทำให้ต้องล้างน้ำหลายครั้งจนกว่าจะมีสมบัติเป็นกลาง เพราะน้ำมันพืชที่ผ่านการใช้น้อยครั้งจะมีสมบัติเป็นกรดน้อยกว่าน้ำมันที่ผ่านการใช้มากครั้ง

ภาพที่ 8 นักเรียนทำโครงงานเพื่อศึกษาและทดลองการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

4. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องกล่องเครื่องดื่มรีไซเคิลกู้ภาวะโลกร้อนโดยวัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ คือ เอาวัสดุเหลือใช้ซึ่งก็คือบรรจุภัณฑ์จำพวกกล่องกระดาษมาแปรรูปขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นวิธีการจัดการกับขยะจำพวกนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการใช้ประโยชน์กับบรรจุภัณฑ์กระดาษที่ผลิตมาจากต้นไม้ได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด และที่สำคัญเป็นการช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนให้กับโรงเรียนได้อีกทางหนึ่ง โดยโครงงานนี้เป็นโครงงานประเภทการทดลอง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกาวที่ใส่ในแผ่นกระดาษรีไซเคิลกับความคงทนต่อการรับน้ำหนักของแผ่นกระดาษรีไซเคิล ซึ่งก็คือการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นกระดาษรีไซเคิลว่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างไร เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการนำไปประดิษฐ์เป็นสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆได้ต่อไป ผลที่ศึกษา พบว่า แผ่นกระดาษรีไซเคิลที่ใส่กาวในอัตราส่วนที่มากจะสามารถรับน้ำหนักได้สูงสุดถึง 30 กิโลกรัม

ภาพที่ 9 นักเรียนทำโครงงานทดลองรีไซเคิลกล่องเครื่องดื่มที่ใช้แล้ว

5. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำหมักชีวภาพ(EM) ลดโลกร้อน โดยวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานนี้ คือ 1. เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการทำน้ำหมักชีวภาพจากขยะอินทรีย์และเปลือกผลไม้ รวมถึงประโยชน์ต่างๆ ของน้ำหมักชีวภาพ เพื่อวิเคราะห์และหาแนวทางนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ รวมทั้งหาแนวทางในการนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ลดปัญหาภาวะโลกร้อน 2. เพื่อศึกษาผลการทดลองนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้ปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำ 3.เพื่อศึกษาการทำน้ำยาเอนกประสงค์จากน้ำหมักชีวภาพ โดยเป็นการจัดการและลดปริมาณขยะอินทรีย์ และทำให้ของเหลือใช้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงส่งผลต่อการลดใช้สารเคมีทำความสะอาด และลดปริมาณบรรจุภัณฑ์ที่เป็นพลาสติก โครงงานนี้เป็นโครงงานประเภททดลอง

ที่ศึกษาอัตราส่วนของน้ำหมักชีวภาพที่ใส่ลงไปในแหล่งน้ำกับคุณภาพของน้ำ ผลการทดลองพบว่า ใส่น้ำหมักชีวภาพลงในอัตราส่วน 10/0.5 ลิตร ไม่ส่งผลให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น และหากเราใส่น้ำหมักชีวภาพลงในอัตราส่วน 10/1 ลิตร สามารถทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นได้มากที่สุด ซึ่งอาจเป็นเพราะปริมาณจุลินทรีย์ ที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพนั้นพอเหมาะหรืออยู่ในภาวะสมดุลกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นที่สุด ส่วนหากใส่น้ำหมักชีวภาพลงในอัตราส่วน 10/2 ลิตร แล้วพบว่า น้ำมีคุณภาพดีขึ้น แต่ก็ไม่เท่ากับใส่ลงในอัตราส่วน 10/1 ลิตร อาจเป็นเพราะ ปริมาณจุลินทรีย์ ที่อยู่ในน้ำหมักชีวภาพอาจมีมากเกินความจำเป็นหรือไม่อยู่ในภาวะสมดุลในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น จึงทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นแต่ไม่ดีขึ้นที่สุด

ภาพที่ 10 นักเรียนทำโครงงานทดลองการทำน้ำหมักชีวภาพเพื่อไปบำบัดน้ำเสียในชุมชน

6. โครงงานวิทยาศาสตร์เรื่องการออกแบบโมเดลบ้านประหยัดพลังงานลดภาวะโลกร้อน โดยวัตถุประสงค์ของการทำโครงงานนี้ คือ 1. เพื่อออกแบบและสร้างบ้านจำลองที่เป็นบ้านที่ประหยัดพลังงาน โดยใช้วัสดุต่างๆ ที่ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน ให้กับผู้อยู่อาศัยและชุมชนได้ รวมถึงบริเวณบ้านก็จะยึดความเป็นธรรมชาติ มีการออกแบบเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ ที่สอดคล้องตามหลักเศรษฐกิจพอเพียง จึงทำให้บริเวณบ้านมีสิ่งที่เป็นประโยชน์ใช้สอยได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีหรือสิ่งอำนวยความสะดวก 2. เป็นแนวทางในการช่วยแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในชุมชน จากการออกแบบและสร้างโมเดลบ้านประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตประจำวันของทุกคน 3.เพื่อสร้างความตระหนักและปลูกจิตสำนึกในการรับผิดชอบต่อปัญหาภาวะโลกร้อน ขณะใช้ชีวิตประจำวันอยู่ที่บ้าน โดยคำนึงถึงเรื่องประหยัดพลังงาน ความ

ไม่ฟุ่มเฟือย และการไม่ปล่อยมลภาวะต่างๆ จากบ้าน ให้กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงงานนี้เป็นโครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ จะมีการนำชิ้นงานไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านสถาปนิก วิศวกร และครูอาจารย์ ได้ร่วมประเมินและแสดงความคิดเห็น ในเรื่องความเป็นไปได้ในการนำไปสร้างจริง และความเหมาะสมในการออกแบบทั้งทางด้าน โครงสร้าง ด้านวัสดุ และด้านการตกแต่ง

ภาพที่ 11 นักเรียนทำโครงงานสิ่งประดิษฐ์โดยออกแบบโมเดลบ้านประหยัดพลังงานลดโลกร้อน

ตอนที่ 4 การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่อง “ภาวะโลกร้อน” ของนักเรียน

1. การพัฒนาการรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน
2. ด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)
   2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน
   2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน
3. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)
   3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน
   3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน
4. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)
5. สรุปการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน (KEN)
6. อภิปรายและวิจารณ์ผล

1. การพัฒนาการรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 44 การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน

คำสำคัญ	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)		หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)	
	ไม่เคยได้ยิน	เคยได้ยิน	ไม่เคยได้ยิน	เคยได้ยิน
1. ก๊าซเรือนกระจก	3 (7.14)	39 (92.86)	0	42 (100)
2.น้ำแข็งขั้วโลกละลาย	0	42 (100)	0	42 (100)
3.ปะการังฟอกขาว	35 (83.33)	7 (16.67)	0	42 (100)
4. พิธีสารเกียวโต	40 (95.24)	2 (4.76)	2 (4.76)	40 (95.24)
5. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	6 (14.29)	36 (85.71)	0	42 (100)
6. Recycle	6 (14.29)	36 (85.71)	0	42 (100)
7. Reuse	23 (54.76)	19 (45.24)	0	42(100)
8.Repair	26 (61.90)	16 (38.10)	2 (4.76)	40 (95.24)
9. Replace	38 (90.47)	4 (9.53)	3 (7.14)	39 (92.86)

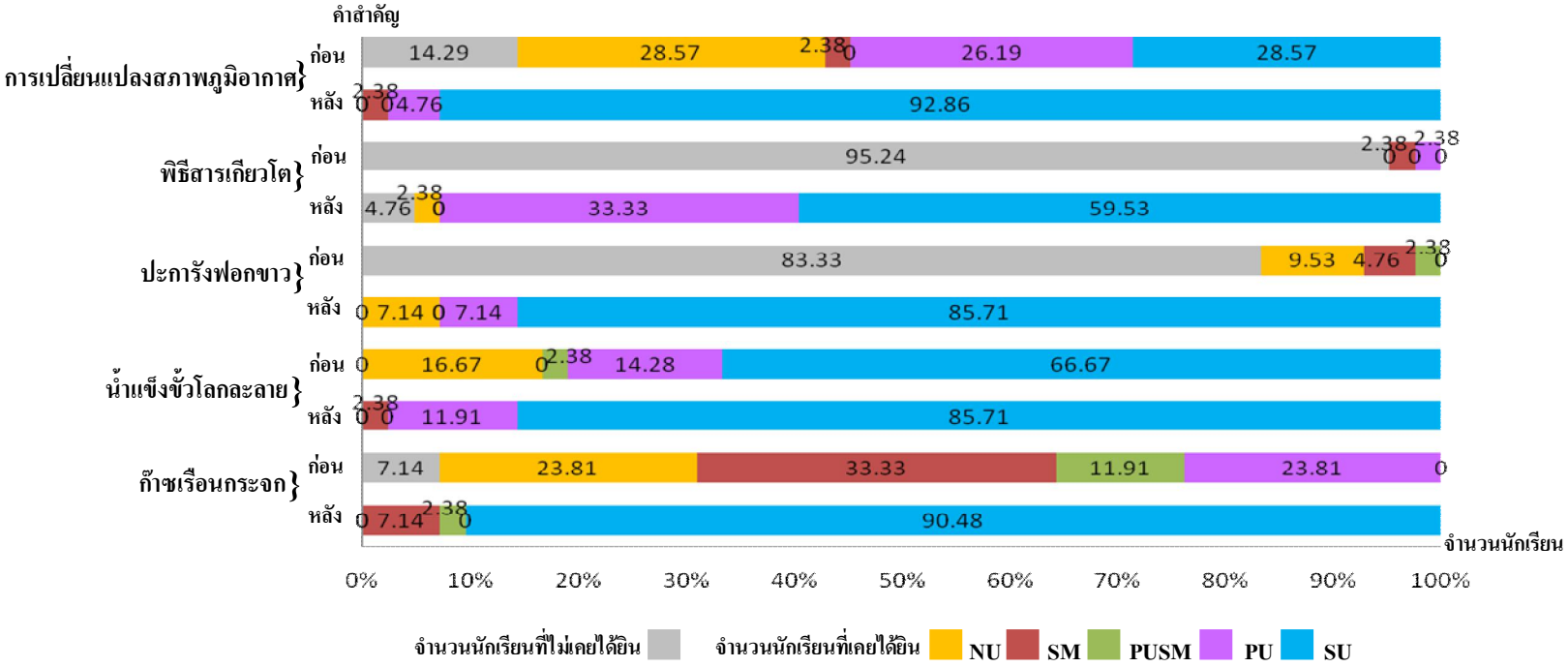
จากกผลการสำรวจ พบว่า การรับรู้ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนเรียนรู้ นั้น อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ 1) คำสำคัญที่นักเรียนส่วนใหญ่เคยได้ยินได้แก่ คำว่า ก๊าซเรือนกระจก นักเรียนเคยได้ยิน ร้อยละ 92.86 คำว่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ100 เคยได้ยิน คำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ คำว่า Recycle นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 85.71 เคยได้ยิน 2) คำสำคัญที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เคยได้ยิน ได้แก่ คำว่า คำว่า ปะการังฟอกขาว มีนักเรียนเคยได้ยิน ร้อยละ 16.67 คำว่า พิธีสารเกียวโต นักเรียนเคยได้ยิน เพียงร้อยละ 4.76 คำว่า Replace นักเรียนเคยได้ยิน เพียงร้อยละ 9.53 และคำว่า Repair นักเรียน ร้อยละ 61.90 ไม่เคยได้ยิน 3) คำสำคัญที่นักเรียนเคยได้ยินและไม่เคยได้ยินมีใกล้เคียงกัน ได้แก่ คำว่า ได้แก่ คำว่าReuse นักเรียนเคยได้ยิน ร้อยละ 45.24 และไม่เคยได้ยิน ร้อยละ 54.76

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนร้อยละ 100 เคยได้ยินคำว่า ก๊าซเรือนกระจก น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ปะการังฟอกขาว การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ Recycle และ Reuse และนักเรียนส่วนใหญ่เคยได้ยิน คำว่า พิธีสารเกียวโต ร้อยละ 95.24 เคยได้ยินคำว่า Repair ร้อยละ95.24 และเคยได้ยินคำว่า Replace ร้อยละ 92.86

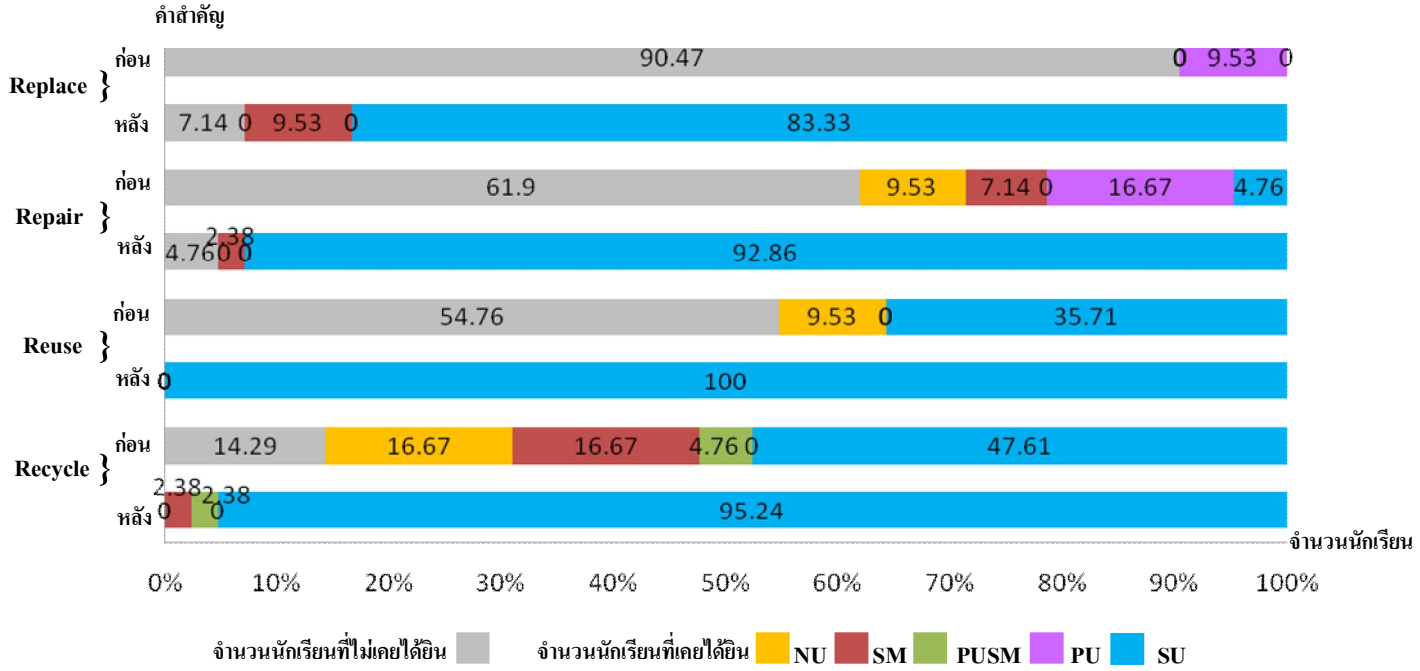
ตารางที่ 45 ระดับความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน

คำศัพท์	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)					หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)				
	NU*	SM*	PUSM*	PU*	SU*	NU*	SM*	PUSM*	PU*	SU*
1. ก๊าซเรือนกระจก	23.81	33.33	11.91	23.81	0	0	7.14	2.38	0	90.48
2.น้ำแข็งขั้วโลกละลาย	16.67	0	2.38	14.28	66.67	0	2.38	0	11.91	85.71
3.ปะการังฟอกขาว	9.53	4.76	2.38	0	0	7.14	0	0	7.14	85.71
4. พิธีสารเกียวโต	0	2.38	0	2.38	0	2.38	0	0	33.33	59.53
5. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	28.57	2.38	0	26.19	28.57	0	2.38	0	4.76	92.86
6. Recycle	16.67	16.67	4.76	0	47.61	0	2.38	2.38	0	95.24
7. Reuse	9.53	0	0	0	35.71	0	0	0	0	100
8.Repair	9.53	7.14	0	16.67	4.76	0	2.38	0	0	92.86
9. Replace	0	0	0	9.53	0	0	9.53	0	0	83.33

หมายเหตุ: NU* = No Understanding, SM* = Specific Misconception, PUSM* = Partial understanding with Specific Misconception, PU* = Partial understanding, SU* = Sound understanding



ภาพที่ 12 แผนภูมิเปรียบเทียบความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้



ภาพที่ 13 แผนภูมิเปรียบเทียบความเข้าใจคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้

จากการวิเคราะห์การให้คำจำกัดความของนักเรียนที่เคยได้ยินคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน ก่อนเรียนรู้ พบว่า คำว่า ก๊าซเรือนกระจก ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) โดยนักเรียนที่เคยได้ยินส่วนใหญ่ ร้อยละ 33.33 มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) คำว่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย นักเรียนส่วนใหญ่ที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 66.67 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) คำว่า ปะการังฟอกขาว ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน(SU) นักเรียนที่เคยได้ยินคำนี้ส่วนใหญ่ ร้อยละ 9.53 ไม่มีแนวคิด (NU) เพราะเคยได้ยินแต่ไม่อธิบายคำจำกัดความ คำว่า พิธีสารเกียวโต ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน(SU) นักเรียน ร้อยละ 2.38 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (SM) และนักเรียนอีก ร้อยละ 2.38 (PU) มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน คำว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นักเรียน ร้อยละ 28.57 ไม่มีแนวคิด (NU) และนักเรียน ร้อยละ 26.19 มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) และนักเรียน ร้อยละ 28.57 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) คำว่า Recycle นักเรียนส่วนใหญ่ที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 47.61 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) คำว่า Reuse นักเรียนส่วนใหญ่ที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 35.71 มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) คำว่า Repair นักเรียนส่วนใหญ่ที่เคยได้ยินคำนี้ ร้อยละ 16.67 มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) คำว่า Replace นักเรียนทั้งหมด ร้อยละ 9.53 ที่เคยได้ยินคำนี้ มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU)

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ จากเดิมนักเรียนส่วนใหญ่ ที่เคยได้ยินคำสำคัญต่างๆ ในเรื่องภาวะโลกร้อน ไม่มีแนวคิด (NU) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และมีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) พบว่า นักเรียนได้พัฒนาการให้คำจำกัดความคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน ที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มมากขึ้น โดยคำว่า ก๊าซเรือนกระจก นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 90.48 คำว่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย และ คำว่า ปะการังฟอกขาว มีแนวคิด ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 85.71 คำว่า พิธีสารเกียวโต มีแนวคิด ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 59.53 คำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 92.86 คำว่า Recycle มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 95.24 คำว่า Reuse มีแนวคิด ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 100 คำว่า Repair มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 92.86 และ คำว่า Replace นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 83.33

แสดงให้เห็นถึงการรับรู้และความเข้าใจในคำสำคัญต่างๆ ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนนั้นมีเพิ่มมากขึ้น โดยสาเหตุที่ผลการวิจัยเป็นเช่นนี้ อาจเป็นปัจจัยมาจากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โครงงานวิทยาศาสตร์ เพราะก่อนนักเรียนจะเลือกหัวข้อโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับ

ประเด็นปัญหาภาวะโลกร้อนนั้น นักเรียนจะมีการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน โดยได้ศึกษาจากสื่อที่หลากหลาย และเป็นสื่อที่มีความเหมาะสม โดยนำเสนอประเด็นเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนได้อย่างถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีการรับรู้เกี่ยวกับประเด็นภาวะโลกร้อนได้ และมีแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Corbett *et al*. (2004) ที่กล่าวว่า สื่อมีผลต่อการรับรู้ของประชาชน หากสื่อนำเสนอข้อมูลที่ไม่ครอบคลุมทุกด้านก็จะส่งผลให้การรับรู้ของประชาชนมีความคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดที่ถูกต้อง นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจะมีกิจกรรมให้นักเรียนได้วิเคราะห์ข่าวเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน รวมถึงมีการอภิปรายกลุ่มและนำเสนอประเด็นข่าวหน้าชั้นเรียน โดยในข่าวต่างๆ อาจมีคำสำคัญที่อยู่ในแบบสอบถามจึงทำให้นักเรียนได้รับรู้และมีความเข้าใจเกี่ยวกับคำสำคัญเหล่านั้นเพิ่มมากขึ้นได้เช่นกัน

ภาพที่ 14 นักเรียนวิเคราะห์ข่าวเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน

ภาพที่ 15 นักเรียนนำเสนอแผนผังมโนทัศน์สรุปเรื่องภาวะโลกร้อน

2. ด้านความรู้ (Knowledge) เรื่องภาวะโลกร้อน

2.1 แนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 46 การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

คำถาม	การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงาน	การรับรู้ของนักเรียน (ร้อยละ)		คำตอบของนักเรียน (ร้อยละ)				
		ไม่เคยได้ยิน	เคยได้ยิน	NU*	SM*	PUSM*	PU*	SU*
1. สาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน	ก่อนเรียนรู้	0	100	4.76	50	0	45.24	0
	หลังเรียนรู้	0	100	0	2.38	0	38.10	59.52

หมายเหตุ: NU* = No Understanding, SM* = Specific Misconception, PUSM* = Partial understanding with Specific Misconception, PU* = Partial understanding, SU* = Sound understanding

จากการสำรวจแนวคิดก่อนเรียนรู้ พบว่า นักเรียนเคยได้ยินคำว่า ภาวะโลกร้อน ร้อยละ 100 แต่เมื่อวิเคราะห์การอธิบายสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อนของนักเรียนทั้งหมด ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) โดยนักเรียน ร้อยละ 4.76 ไม่มีแนวคิด (NU) และนักเรียน ร้อยละ50 มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (SM) เช่น

"เกิดจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสาร CFC ขึ้นไปทำลายชั้นบรรยากาศหรือโอโซน ทำให้โลกร้อน" (M4233) และมีนักเรียน ร้อยละ 45.24 มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU)

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ นักเรียนเคยได้ยินคำว่า ภาวะโลกร้อน ร้อยละ 100 แต่เมื่อวิเคราะห์การอธิบายสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อนจากเดิมนักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และมีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) พบว่า นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 59.52

2.2 แนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 47 การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน

คำถาม	**การเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงาน**	**คำตอบของนักเรียน (ร้อยละ)**				
		NU*	**SM***	**PUSM***	**PU***	**SU***
1. ผลกระทบของภาวะโลกร้อน	ก่อนเรียนรู้	2.38	0	9.52	88.33	4.76
	หลังเรียนรู้	0	0	0	69.05	30.95

หมายเหตุ: NU* = No Understanding, SM* = Specific Misconception, PUSM* = Partial understanding with Specific Misconception, PU* = Partial understanding, SU* = Sound understanding

จากการสำรวจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน ก่อนเรียนรู้ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 83.33 และนักเรียน ร้อยละ 9.52 ที่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนและมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (PUSM) มีนักเรียนเพียง ร้อยละ 4.76 ที่มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU)

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 30.95 และแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 69.05

โดยภาพรวมความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge) ของนักเรียนหลังเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นคะแนนเฉลี่ยได้จากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = คะแนนเฉลี่ยในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนทั้งหมด
$\sum X$ = คะแนนข้อ 1 รวมกับคะแนนข้อ 2 คะแนน ของนักเรียนทุกคน
N = จำนวนนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 42 คน

จากการคำนวณทางสถิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน ภายหลังเรียนรู้ เพิ่มขึ้น จาก 4.74 คะแนน เป็น 6.86 คะแนน (คะแนนเต็ม 8 คะแนน) และเมื่อคิดเป็นร้อยละ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ59.25 เป็นร้อยละ 85.75

การที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มมากขึ้น น่าจะเกิดจากการที่นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนด้วยตนเอง ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานและเอกสารอ้างอิงในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลอง เพื่อศึกษาสถานการณ์จำลองเรื่องปรากฏการณ์เรือนกระจก และมีการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อสรุปสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

ภาพที่ 16 นักเรียนทำการทดลอง เพื่อศึกษากลไกการเกิดภาวะโลกร้อน

ภาพที่ 17 นักเรียนสามารถนำเสนอและสรุปความเข้าใจ เกี่ยวกับสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน หน้าชั้นเรียนได้อย่างถูกต้อง จากการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ในด้านความรู้เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน จากการบันทึกในบันทึกภาคสนามของผู้วิจัยทุกครั้งที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอน อนุทิน พบว่า นักเรียนสามารถรับรู้คำสำคัญต่างๆ เกี่ยวกับประเด็นภาวะโลกร้อน และมีแนวคิดที่ถูกต้องในเรื่องสาเหตุและกระบวนการเกิดภาวะโลกร้อน ผลกระทบของภาวะโลกร้อน และการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ตามหลักฐานข้อมูลที่รวบรวมได้ ดังนี้

"หลังจากที่ครูให้แต่ละกลุ่มไปศึกษาค้นคว้าสาเหตุและกลไกการเกิดโลกร้อนในคาบที่แล้ว ในวันนี้จึงได้ฟังเพื่อนๆ ทุกกลุ่มออกมานำเสนอเป็นแผนผังมโนทัศน์ที่สวยงามได้ใจความที่แตกต่างกันไปบ้าง แต่สรุปสั้นๆ ก็คือ สาเหตุของภาวะโลกร้อนเกิดจากก๊าซเรือนกระจกที่มากเกินไป ดูดกลืนและเก็บกักความร้อนเอาไว้ ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น..."

(อนุทิน F4215 วันที่ 6 สิงหาคม 2551)

"...เมื่อวิเคราะห์ข่าวเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ทำให้ทราบผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นลูกโซ่ เนื่องจากเมื่อโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปอย่างมากมาย เช่น สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง เกิดภัยพิบัติบ่อยครั้ง น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปะการังฟอกขาว ระบบนิเวศเสียความสมดุล สิ่งมีชีวิตล้มตาย..."

(อนุทิน F4217 วันที่ 20 สิงหาคม 2551)

"วันนี้หนูและเพื่อนในกลุ่มได้วิเคราะห์ข่าวเกี่ยวกับภาวะโลกร้อน ข่าวที่กลุ่มของหนูหามานั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับพิธีสารเกียวโต ทำให้หนูทราบว่าพิธีสารเกียวโต คือ ข้อตกลงของนานาชาติที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยหนูรู้สึกเห็นด้วยอย่างยิ่งที่ทุกฝ่ายโดยเฉพาะประเทศอุตสาหกรรมที่ให้ความสนใจและร่วมมือกันทำพิธีสารเกียวโตนี้ เพราะถือได้ว่าเป็นการช่วยลดและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนจากสาเหตุหลักของมันจริงๆ..."

(อนุทิน F4205 วันที่ 20 สิงหาคม 2551)

"...แนวทางแก้ไขปัญหา ภาวะโลกร้อน มีหลากหลายวิธี ตั้งแต่ระดับตัวเราเอง ไปจนถึงระดับส่วนรวม แต่วิธีที่ได้ผลทางตรงที่สุด คือแก้ที่สาเหตุของปัญหา คือ ต้องช่วยกันลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุกชนิด นอกจากนี้ก็ควรช่วยกันอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ การนำสิ่งของที่เหลือใช้กลับมาใช้ใหม่ การใช้พลังงานทดแทนหรือเทคโนโลยีที่สะอาดกับสิ่งแวดล้อม..."

(การนำเสนอแผนผังมโนทัศน์เรื่องภาวะโลกร้อน กลุ่มนารีสยามวันที่ 6 สิงหาคม 2551)

"...สาเหตุของการเกิดภาวะโลกร้อน ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น ทำให้เก็บกักความร้อนจากดวงอาทิตย์มากขึ้น โลกจึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การตัดไม้ทำลายป่า เพราะจะทำให้กลไกการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระบบบรรยากาศมีประสิทธิภาพน้อยลง"

(การนำเสนอแผนผังมโนทัศน์เรื่องภาวะโลกร้อน กลุ่มหนึ่ง วันที่6 สิงหาคม 2551)

จากหลักฐานแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนได้ในขณะจัดการเรียนการสอน หรือในขั้นตอนของการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถสรุปเป็นความคิดเห็นของตนเองได้ ตลอดจนสามารถสรุปประเด็นความรู้ที่สำคัญๆ อย่างถูกต้องตามข้อมูลหลักฐานที่รวบรวมได้ ในระหว่างการจัดการเรียนการสอน นักเรียนได้สืบเสาะหาข้อมูลความรู้เกี่ยวกับเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน ผลกระทบของภาวะโลกร้อน และแนวทางแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนด้วยตนเอง โดยนักเรียนจะต้องเลือกเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา วางแผนหาคำตอบจากการทำโครงงาน รวมทั้งหาข้อมูลเพื่อตอบคำถาม นักเรียนได้ทำงานกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ มีโอกาสได้นำเสนอข้อมูลความรู้และแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ขึ้นได้โดยลำดับ

3. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement)

3.1 แนวคิดเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 48 การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในเรื่องการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

ลักษณะคำตอบ	การรู้เรียนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียนรู้ (ความถี่)	หลังเรียนรู้ (ความถี่)
1. ด้านสังคม เช่น การรณรงค์ต่างๆ	3	27
2. ด้านการเดินทางและการขนส่ง เช่น ใช้รถน้อยลง ใช้รถประจำทาง ใช้รถจักรยาน	7	6
3. ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่น ลดการผลิตก๊าซเรือนกระจก ปล่อย CO_2 สาร CFC ปลูกต้นไม้ ลดการทิ้งขยะ ไม่เผาขยะ แยกขยะ รักษาสิ่งแวดล้อม ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ลดโลกร้อน	47	75
4. ด้านการบำบัด เช่น การลดโรงงานอุตสาหกรรม บำบัดน้ำเสีย	0	4
5. ด้านพลังงาน เช่น ลดการใช้น้ำมัน ใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่า ใช้พลังงานทางเลือก	34	45
6. ด้านการใช้ชีวิตประจำวัน เช่นใช้ถุงผ้า ลดการใช้ถุงพลาสติกและกระดาษ ใช้วัสดุธรรมชาติ การนำสิ่งของกลับมาใช้ใหม่ (recycle)	24	40

จากการวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียนเรื่องการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ก่อนเรียนรู้ พบว่าคำตอบของนักเรียนส่วนมากเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม และด้านที่นักเรียนตอบรองลงมา คือด้านเกี่ยวกับพลังงาน และด้านที่เกี่ยวกับการใช้ชีวิตประจำวัน ส่วนด้านที่นักเรียนตอบน้อยที่สุดคือในด้านของสังคม

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ คำตอบของนักเรียนส่วนมากเป็นการแก้ไขปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับหนึ่ง คือ ด้านพลังงาน ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับสอง คือ ด้านที่เกี่ยวกับการใช้ชีวิตประจำวัน และด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับที่สาม คือ ด้านสังคม และคำตอบของนักเรียนได้คำนึงถึง

ด้านการเดินทางและการขนส่ง ด้านการบำบัด เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ลักษณะคำตอบของนักเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ครอบคลุมหลายด้านมากขึ้น เพราะนักเรียนไม่ได้มองการแก้ไขปัญหาด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น แต่คำตอบของนักเรียนบ่งชี้ว่า นักเรียนมีมุมมองในการแก้ไขปัญหาที่หลากหลายด้านเพิ่มมากขึ้นด้วย

3.2 การมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน

ตารางที่ 49 การพัฒนาการมีส่วนร่วมของนักเรียน ในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน

การจัดการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์	ไม่เคยมีส่วนร่วม	เคยมีส่วนร่วม
ก่อนจัดการเรียนการสอน	38.10	61.90
หลังจัดการเรียนการสอน	0	100

ตารางที่ 50 การเปรียบเทียบลักษณะคำตอบของนักเรียนในด้านการมีส่วนร่วม

ลักษณะคำตอบ	การจัดการเรียนการสอนโครงงานวิทยาศาสตร์	
	ก่อนเรียนรู้ (ความถี่)	หลังเรียนรู้ (ความถี่)
1. ด้านสังคม เช่น การรณรงค์ต่างๆ	0	21
2. ด้านการเดินทางและการขนส่ง เช่นใช้รถน้อยลง ใช้รถประจำทาง ใช้รถจักรยาน	5	11
3. ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เช่นลดการผลิตก๊าซเรือนกระจก ปล่อย CO2 สาร CFC ปลูกต้นไม้ ลดการทิ้งขยะ ไม่เผาขยะ แยกขยะ รักษาสิ่งแวดล้อม ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ลดโลกร้อน	10	50
5. ด้านพลังงาน เช่น ลดการใช้น้ำมัน ใช้พลังงานให้คุ้มค่า ใช้พลังงานทางเลือก	16	16
6. ด้านการใช้ชีวิตประจำวัน เช่นใช้ถุงผ้า ใช้วัสดุธรรมชาติ การนำสิ่งของกลับมาใช้ใหม่(recycle)	11	29

จากการสำรวจการมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนของนักเรียน ก่อนการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนเคยมีส่วนร่วม ร้อยละ 61.90 และ ร้อยละ 38.10 ไม่เคยมี

ส่วนร่วม โดยเมื่อพิจารณาลักษณะคำตอบของนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วม พบว่า นักเรียนส่วนมากเคยมีส่วนร่วมในด้านพลังงาน ด้านที่นักเรียนมีส่วนร่วมรองลงมาเป็นอันดับหนึ่ง คือ ด้านการใช้ชีวิตประจำวัน ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับสอง คือ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านที่นักเรียนมีส่วนร่วมน้อยที่สุดคือ ด้านการเดินทางและการขนส่ง สำหรับด้านที่นักเรียนไม่เคยมีส่วนร่วมเลย คือ ด้านสังคม

ภายหลังการเรียนรู้ โดยภาพรวมในด้านการมีส่วนร่วมในเรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน มีนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 61.90 เป็น ร้อยละ 100 และเมื่อพิจารณาคำตอบของนักเรียนที่เคยส่วนร่วม พบว่า นักเรียนมีส่วนร่วมในแต่ละด้านมากขึ้น โดย นักเรียนส่วนมากเคยมีส่วนร่วมด้านสิ่งแวดล้อม เช่น

“ร่วมทำโครงงานวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน” (M4242)

ด้านที่นักเรียนมีส่วนร่วมรองลงมาเป็นอันดับหนึ่ง คือ การใช้ชีวิตประจำวัน เช่น

“อ่านหนังสือที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนและช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อนในชีวิตประจำวัน” (F4202)

ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับสอง คือ ด้านสังคม เช่น

“จัดทำเอกสารเพื่อรณรงค์และเผยแพร่ความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนให้กับโรงเรียน” (M4216)

ด้านที่นักเรียนตอบรองลงมาเป็นอันดับสาม คือ ด้านพลังงาน เช่น

“ใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และทรัพยากรธรรมชาติให้คุ้มค่ามากขึ้น” (F4226)

แสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมของนักเรียนหลังการเรียนรู้นั้น นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน เพิ่มมากขึ้น โดยลักษณะการมีส่วนร่วมของนักเรียนแต่ละคนไม่ได้เป็นการมีส่วนร่วมเพื่อช่วยลดหรือแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในด้านใดด้านหนึ่ง

เท่านั้น แต่เป็นการมีส่วนร่วม ที่มีความหลากหลายในทุกๆ ด้านมากขึ้น รวมถึง นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาทั้งระดับบุคคลและระดับสังคมเพิ่มมากขึ้นด้วย

ภาพที่ 18 นักเรียนได้จัดแสดงผลงานเผยแพร่โครงงานวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อน ในงานวิชาการโรงเรียน

ภาพที่ 19 นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอโครงงานวิทยาศาสตร์ ภายในห้องเรียน เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และซักถามข้อสงสัย

ภาพที่ 20 นักเรียนมีส่วนร่วมในการเผยแพร่วิธีป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อน ภายในโรงเรียน

ภาพที่ 21 นักเรียนได้รับเกียติบัตรจากผู้อำนวยการโรงเรียนในการประกวดโครงงานชนะเลิศ

4. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science)

ด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Science is a Tentative Enterprise) (ข้อ2, ข้อ10)

ตารางที่ 51 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 1 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
2. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้	√ ถูก	ถูก	95.24	100
	X ผิด	ผิด	4.76	0
10. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงว่าถูกต้องได้ ซึ่งว่าเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์และเป็นที่สิ้นสุด	√ ถูก	ผิด	92.86	4.76
	X ผิด	ถูก	7.14	95.24

ข้อมูลจากตารางที่ 51 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่2 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 95.24 ตอบถูกต้อง และ ร้อยละ 4.76 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 10 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงว่าถูกต้องได้ ซึ่งว่าเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์และเป็นที่สิ้นสุดถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 92.86 ตอบผิด และตอบถูกต้องเพียง ร้อยละ 7.14

ภายหลังการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 1 เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในคำถามข้อที่ 2 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 95.24 เป็นร้อยละ 100 และคำถามข้อที่ 10 นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 95.24 ตอบถูกต้อง และมีนักเรียนเพียง ร้อยละ 4.76 ที่ตอบผิด

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 1 นักเรียนทั้งหมดตอบคำถามทุกข้อได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 2

“ถูกต้อง เพราะว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าหากพบข้อมูลใหม่ที่ดีกว่า และหักล้างของเดิม เช่น ทฤษฎีอะตอมหรือทฤษฎีต่างๆ” (F4213)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 10

“ผิด เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถึงแม้จะมีการพิสูจน์ หรือตรวจสอบแล้ว ก็สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ยังไม่เป็นที่สิ้นสุด เพราะอนาคตก็อาจมีวิธีการที่ดีกว่ามาหักล้างได้” (M4216)

ด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ (Science is an Empirical “Faith”) (ข้อ5, ข้อ6, ข้อ12, ข้อ16, ข้อ20)

ตารางที่ 52 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
5. จะถือว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์ สิ่งนั้นต้องสามารถถูกตัดสินได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์	√ ถูก	ถูก	95.24	95.24
	X ผิด	ผิด	4.76	4.76
6. วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของข้อเท็จจริง ปราศจากการตีความของมนุษย์	√ ถูก	ผิด	54.76	9.52
	X ผิด	ถูก	45.24	90.48
12. วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อ ข้อสันนิษฐานและสิ่งที่สังเกตไม่ได้	√ ถูก	ถูก	57.14	92.86
	X ผิด	ผิด	42.86	7.14
16. ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษา ทัศนะ ความสนใจ ความถนัด สมมติฐานเบื้องต้น และความเชื่อทางปรัชญา มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตีความข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์	√ ถูก	ถูก	97.62	100
	X ผิด	ผิด	2.38	0

ตารางที่ 52 (ต่อ)

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
20. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบสมมติฐาน (ผู้หญิงทุกคนสวย ฟ้าเป็นผู้หญิง ดังนั้นฟ้าจึงสวย) มากกว่าการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ (แก้ว แป้ง น้ำ เป็นคนสวย ดังนั้น ผู้หญิงทุกคนสวย)	√ ถูก	ผิด	50.00	16.67
	X ผิด	ถูก	50.00	83.33

ข้อมูลจากตารางที่ 52 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 5 จะถือว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์ สิ่งนั้นต้องสามารถถูกตัดสินได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ถูกต้องหรือไม่นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95.24 ตอบได้ถูกต้องและร้อยละ 4.76 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 6 วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของข้อเท็จจริง ปราศจากการตีความของมนุษย์ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 45.24 และตอบผิด ร้อยละ 54.76 ในคำถามข้อที่ 12 วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อ ข้อสันนิษฐานและสิ่งที่สังเกตไม่ได้ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 57.14 และตอบผิด ร้อยละ 42.86 ในคำถามข้อที่ 16 ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษา ทัศนะ ความสนใจ ความถนัด สมมติฐานเบื้องต้น และความเชื่อทางปรัชญา มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตีความข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์ ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 97.62 ตอบถูกต้อง และตอบผิดเพียงร้อยละ 2.38 ในคำถามข้อที่ 20 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบสมมติฐาน (ผู้หญิงทุกคนสวย ฟ้าเป็นผู้หญิง ดังนั้นฟ้าจึงสวย) มากกว่าการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ (แก้ว แป้ง น้ำ เป็นคนสวย ดังนั้น ผู้หญิงทุกคนสวย) ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 50 และตอบผิด ร้อยละ 50

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 เพิ่มขึ้น โดย ในคำถามข้อที่ 5 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 95.24 ในคำถามข้อที่ 6 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 45.24 เป็นร้อยละ 90.48 ในคำถามข้อที่ 12 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 57.14 เป็นร้อยละ 92.86 ในคำถามข้อที่ 16 นักเรียนตอบได้ถูกต้อง

เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 97.62 เป็นร้อยละ 100 และในคำถามข้อที่ 20 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 50 เป็น ร้อยละ 83.33

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 2 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามทุกข้อ ได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 5

“ถูก เพราะวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์ เพราะหลักฐานเชิงประจักษ์คือหลักฐานที่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือมีการทดลองที่สามารถพิสูจน์ตรวจสอบความเป็นจริงได้” (M4227)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 6

“ผิด เพราะวิทยาศาสตร์จะเป็นที่ยอมรับได้ ต้องอาศัยประสบการณ์ และเกิดจากการลงข้อสรุปหรือผ่านการตีความ วิเคราะห์ข้อมูล จากผู้เชี่ยวชาญในแขนงวิชานั้นๆ’ (F4237)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 12

“ถูก เพราะบางครั้งข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่าโดยตรง ต้องอาศัยการตีความจากหลักฐานต่างๆ” (M4216)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 16

“ใช่ เพราะอิทธิพลของการตีความหรือวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ เกิดจากความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ตีความ ทำให้แต่ละบุคคลตีความหมายข้อมูลเดียวกันแตกต่างกันไป เพราะมีภูมิหลังแตกต่างกันนั่นเอง” (M4229)

ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว (Science is not a single method) (ข้อ3)

ตารางที่ 53 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 3 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
3. วิทยาศาสตร์มีแนวทางในการสร้างงานวิจัยเพียงวิธีการเดียว	√ ถูก	ผิด	47.62	0
	X ผิด	ถูก	52.38	100

ข้อมูลจากตารางที่ 53 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 3 วิทยาศาสตร์มีแนวทางในการสร้างงานวิจัยเพียงวิธีการเดียว ถูกต้องหรือไม่ นักเรียน ร้อยละ 52.38 ตอบถูกต้อง และร้อยละ 47.62 ตอบผิด

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 3 เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในคำถามข้อที่ 3 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 52.38 เป็นร้อยละ 100

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 3 นักเรียนทั้งหมดตอบคำถามได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 3

“ผิด เพราะวิทยาศาสตร์มีแนวทางได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การสังเกต โดยวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการหลายวิธีเหล่านี้พิสูจน์ข้อเท็จจริงได้ มีการหาข้อมูลได้หลากหลายทางขึ้นอยู่กับสิ่งที่ศึกษา” (F4213)

ด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต (Experiments are a Goal-Oriented from of scientific observation) (ข้อ1, ข้อ7, ข้อ9, ข้อ11)

ตารางที่ 54 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 4 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
1. นักวิทยาศาสตร์มักจะคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง	√ ถูก	ถูก	66.67	100
	X ผิด	ผิด	33.33	0
7. จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีการทดลอง	√ ถูก	ผิด	95.24	9.52
	X ผิด	ถูก	4.76	90.48
9.นักวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดกระทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย	√ ถูก	ถูก	92.86	97.62
	X ผิด	ผิด	7.14	2.38
11. การทดลองสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นถูกต้องได้	√ ถูก	ผิด	92.86	16.67
	X ผิด	ถูก	7.14	83.33

ข้อมูลจากตารางที่ 54 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 1 นักวิทยาศาสตร์มักจะคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 66.67 ตอบได้ถูกต้อง และร้อยละ 33.33 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 7 จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีการทดลองถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 4.76 และส่วนใหญ่ ร้อยละ 95.24 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 9 นักวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดกระทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 92.86 ตอบถูกต้อง และร้อยละ 7.14 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 11 การทดลองสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นถูกต้องได้ ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนร้อยละ 7.14 ตอบถูกต้อง และส่วนใหญ่ ร้อยละ 92.86 ตอบผิด

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นโดย ในคำถามข้อที่ 1 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 66.67 เป็นร้อยละ 100 ในคำถามข้อที่ 7 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 4.76 เป็นร้อยละ 90.48 ในคำถามข้อที่ 9 นักเรียน

ตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 92.86 เป็นร้อยละ 97.62 และในคำถามข้อที่ 11 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 7.14 เป็นร้อยละ 83.33

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามทุกข้อได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 1

“ถูก เพราะหากนักวิทยาศาสตร์ทำงานต่างๆ ไม่ว่าจะทดลองหรือสังเกต และรวบรวมข้อมูลก็ตาม เขาก็ต้องมีเป้าหมายในการทำงาน มีการคาดคะเนผลที่ออกมาอย่างแน่นอน เห็นได้ชัดจากการตั้งสมมติฐานล่วงหน้าในการทำงานของเขา” (F4213)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 7

“ผิด เพราะไม่จำเป็นจะต้องใช้วิธีการทดลอง เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีหลากหลายสาขาวิชาที่จะเลือกศึกษา ดังนั้นจึงมีวิธีการศึกษาสิ่งเหล่านั้นได้แตกต่างกันออกไป ไม่ว่าจะทำการสำรวจหรือค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องก็ตาม” (F4214)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 9

“ถูก เพราะการทดลองทางวิทยาศาสตร์จะมีการออกแบบและวางแผนการทำงาน ดังนั้นจึงถือได้ว่าเป็นการทำงานที่มีเป้าหมาย มีหลักการแบบแผน มีจุดประสงค์ในการทำงาน” (F4237)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 11

“ผิด เพราะจะต้องมีการทดลองหลายๆ ครั้ง หรือการศึกษาเรื่องเดียวกันแต่ใช้วิธีการที่หลากหลาย และได้รับการตรวจสอบจากหลายท่านจนเป็นที่ยอมรับ” (F4238)

ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ (Science Theories are Explanation of Science Facts) (ข้อ4, ข้อ8, ข้อ14, ข้อ18, ข้อ22)

ตารางที่ 55 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 5 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
4. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่คำอธิบายไม่ใช่ข้อเท็จจริง	√ ถูก	ถูก	42.86	80.95
	X ผิด	ผิด	57.14	19.05
8. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา	√ ถูก	ผิด	73.81	14.29
	X ผิด	ถูก	26.19	85.71
14. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร	√ ถูก	ผิด	71.43	2.38
	X ผิด	ถูก	28.57	97.62
18. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับคือ สมมติฐานที่ได้รับการยืนยันจากหลักฐานจำนวนมากและยังไม่มีหลักฐานอื่นที่สามารถหักล้างได้	√ ถูก	ถูก	73.81	100
	X ผิด	ผิด	26.19	0
22. นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบในการวิจัยอื่น ๆ ต่อไป	√ ถูก	ถูก	95.24	100
	X ผิด	ผิด	4.76	0

ข้อมูลจากตารางที่ 55 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 4 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่คำอธิบายไม่ใช่ข้อเท็จจริง ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 42.86 และร้อยละ 57.14 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 8 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามาถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 26.19 และส่วนใหญ่ ร้อยละ 73.81 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 14 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนร้อยละ 28.57 ตอบถูกต้อง และ

ส่วนใหญ่ร้อยละ 71.43 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 18 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับคือสมมติฐานที่ได้รับการยืนยันจากหลักฐานจำนวนมากและยังไม่มีหลักฐานอื่นที่สามารถหักล้างได้ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 73.81 ตอบถูกต้อง และร้อยละ 26.19 ตอบผิด และในคำถามข้อที่ 22 นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบในการวิจัยอื่น ๆ ต่อไปถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 95.24 ตอบถูกต้องและร้อยละ 4.76 ตอบผิด

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 5 เพิ่มขึ้น โดย ในคำถามข้อที่ 4 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 42.86 เป็นร้อยละ 80.95 ในคำถามข้อที่ 8 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 26.19 เป็นร้อยละ 85.71 ในคำถามข้อที่ 14 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 28.57 เป็นร้อยละ 97.62 และในคำถามข้อที่ 18 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 73.81 เป็นร้อยละ 100 และในคำถามข้อที่ 22 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 95.24 เป็นร้อยละ 100

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 5 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามทุกข้อได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 4

“ถูก เพราะทฤษฎีเป็นคำอธิบายของมนุษย์ที่ผ่านการตีความจากหลักฐานจำนวนมาก ถ้ามีข้อมูลใหม่ๆ ที่ดีกว่าก็สามารถมีทฤษฎีอื่นๆมาแทนที่ได้” (M4229)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 8

“ผิด เพราะทฤษฎีจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลที่ดีกว่า สามารถหักล้างข้อมูลเดิมได้และเป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ” (M4216)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 14

“ผิด เพราะทฤษฎีไม่เป็นเพียงความคิด เนื่องจากการได้มาซึ่งความรู้นั้นมีกระบวนการที่น่าเชื่อถือ สามารถพิสูจน์ได้ และมีจินตนาการในการทำงานด้วย” (F4214)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 18

“ถูก เพราะทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ต้องผ่านการตรวจสอบมานับครั้งไม่ถ้วน จนเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางของคนทั่วไป” (M4227)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 22

“ถูก เพราะหน้าที่ของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ก็คือเป็นพื้นฐานในการเป็นแนวทางเพื่อทำงานวิจัย หรือการทดลองอื่นๆ ต่อไปในอนาคต ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงไม่มีวันสิ้นสุด” (F4230)

ด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ (Scientific Laws are description of Nature‘s behavior) (ข้อ15, ข้อ17, ข้อ19, ข้อ24)

ตารางที่ 56 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 6 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
15.กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นทฤษฎีที่ถูกยืนยันอย่างมากและกว้างขวาง	√ ถูก	ผิด	95.24	2.38
	X ผิด	ถูก	4.76	97.62
17. กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะได้รับการพิสูจน์มามากแล้วว่าถูกต้อง	√ ถูก	ผิด	54.76	2.38
	X ผิด	ถูก	45.24	97.62
19. กฎทางวิทยาศาสตร์พรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถเห็นได้แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์นั้น	√ ถูก	ถูก	50.00	85.71
	X ผิด	ผิด	50.00	14.29
24. กฎทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ที่สุดและแน่นอน	√ ถูก	ผิด	90.48	14.29
	X ผิด	ถูก	9.52	85.71

ข้อมูลจากตารางที่ 56 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 15 กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นทฤษฎีที่ถูกยืนยันอย่างมากและกว้างขวาง ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบได้ถูกต้อง ร้อยละ 4.76 และส่วนใหญ่ร้อยละ 95.24 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 17 กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะได้รับการพิสูจน์มามากแล้วว่าถูกต้อง ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนตอบถูกต้อง ร้อยละ 45.24 และส่วนใหญ่ ร้อยละ 54.76 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 19 กฎทางวิทยาศาสตร์พรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถเห็นได้แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์นั้นถูกต้องหรือไม่ นักเรียน ร้อยละ 50 ตอบถูกต้อง และอีกร้อยละ 50 ตอบผิด และในคำถามข้อที่ 24 กฎทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ที่สุดและแน่นอน ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนร้อยละ 9.52 ตอบถูกต้อง และส่วนใหญ่ ร้อยละ 90.48 ตอบผิด

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 6 เพิ่มขึ้น โดย ในคำถามข้อที่ 15 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 4.76 เป็นร้อยละ 97.62 ในคำถามข้อที่ 17 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 45.24 เป็นร้อยละ 97.62 ในคำถามข้อที่ 19 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 85.71 และในคำถามข้อที่ 24 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 9.52 เป็นร้อยละ 85.71

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 6 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามทุกข้อได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 15

“ผิด เพราะกฎและทฤษฎีแตกต่างกัน เพราะกฎจะใช้ในการบรรยายความสัมพันธ์ อาจอยู่ในรูปของสมการก็ได้ ส่วนทฤษฎีใช้ในการอธิบายหรือขยายความปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่างๆ” (F4213)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 17

“ผิด เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลใหม่ที่ถูกต้องมายืนยันและหักล้างข้อมูลเก่าได้” (F4237)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 19

“ถูก เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์ เป็นเพียงการบรรยายหรือพรรณนาถึงความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่างๆที่สังเกตได้ในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎีจะอธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริง ซึ่งทฤษฎีสามารถขยายความกฎได้ด้วย” (F4230)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 24

“ผิด เพราะกฎทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถสิ้นสุด หรือสมบูรณ์แบบได้ เพราะหากมีข้อมูลใหม่ที่ดีกว่า และถูกตรวจสอบว่าถูกต้องจนสามารถหักล้างได้ กฎทางวิทยาศาสตร์ก็อาจเปลี่ยนแปลงไป” (F4213)

ด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ (Science is a creative enterprise) (ข้อ13, ข้อ21, ข้อ23)

ตารางที่ 57 การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 7 ของนักเรียน

คำถาม	การเลือกตอบ	ความถูกต้อง	ก่อนเรียนรู้ (ร้อยละ)	หลังเรียนรู้ (ร้อยละ)
13. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	√ ถูก	ถูก	88.10	100
	X ผิด	ผิด	11.90	0
21. นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี	√ ถูก	ถูก	85.71	95.24
	X ผิด	ผิด	14.29	4.76
23. นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าบางสิ่งบางอย่างอยู่จริงตามทฤษฎีทั้ง ๆ ตนก็ไม่เคยเห็น	√ ถูก	ถูก	73.81	95.24
	X ผิด	ผิด	26.19	4.76

ข้อมูลจากตารางที่ 57 แสดงความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนรู้ ของนักเรียน พบว่า ในคำถามข้อที่ 13 จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 88.10 ตอบได้ถูกต้อง และร้อยละ 11.90 ตอบผิด ในคำถามข้อที่ 21 นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 85.71 ตอบถูกต้อง และ ร้อยละ 14.29 ตอบผิด และในคำถามข้อที่ 23 นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าบางสิ่งบางอย่างอยู่จริงตามทฤษฎีทั้ง ๆ ตนก็ไม่เคยเห็น ถูกต้องหรือไม่ นักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 73.81 ตอบถูกต้อง และร้อยละ 26.19 ตอบผิด

ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 7 เพิ่มขึ้น โดย ในคำถามข้อที่ 13 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 88.10 เป็นร้อยละ 100 ในคำถามข้อที่ 21 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 85.71 เป็นร้อยละ 95.24 และในคำถามข้อที่ 23 นักเรียนตอบได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 73.81 เป็นร้อยละ 95.24

นอกจากนี้ จากการสัมภาษณ์นักเรียน จำนวน 10 คน เพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนอธิบายเหตุผลประกอบคำตอบถูกและผิด ภายหลังการเรียนรู้ พบว่า ในด้านที่ 7 นักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามทุกข้อได้ถูกต้องและให้เหตุผลถูกต้องสมบูรณ์ เพิ่มมากขึ้น ดังนี้

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 13

“ถูก เพราะการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นการคิดหัวข้อที่จะทดลอง หรือออกแบบการทดลอง การสังเกต การวิเคราะห์ข้อมูล ล้วนต้องอาศัยจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของผู้ทำงานทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น และเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้งานทางวิทยาศาสตร์มีความน่าเชื่อถือ เป็นที่ยอมรับ และประสบความสำเร็จ” (F4237)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 21

“ถูก เพราะนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้ที่ศึกษาและค้นคว้างานทางวิทยาศาสตร์ เขาจึงเป็นผู้สร้างสรรค์ผลงานทางวิทยาศาสตร์ให้ชนรุ่นหลังได้ศึกษาอย่างไม่มีที่สิ้นสุด” (M4216)

ตัวอย่างการอธิบายเหตุผลของนักเรียนในคำถามข้อที่ 23

“ถูก เพราะความรู้บางอย่างในทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง แต่สามารถตรวจสอบได้จากหลักฐานที่เก็บรวบรวมได้ เช่น ทฤษฎีอะตอม ก็เป็นที่ยอมรับของคนจำนวนมาก แม้ว่าต่อไปจะเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม” (M4229)

สรุปความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์ จากหลักฐานหรือลักษณะข้อมูล ภายหลังการเรียนรู้ แสดงให้เห็นว่า นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ทั้ง 7 ด้าน เพิ่มขึ้น

จากผลการวิจัย โดยภาพรวมความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียน หลังเรียนรู้ สามารถสรุปเป็นคะแนนเฉลี่ยได้จากสูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$\overline{X}$ = คะแนนเฉลี่ยในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งหมด

$\sum X$ = คะแนนรวมใน 24 ข้อ ของนักเรียนทุกคน

N = จำนวนนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 42 คน

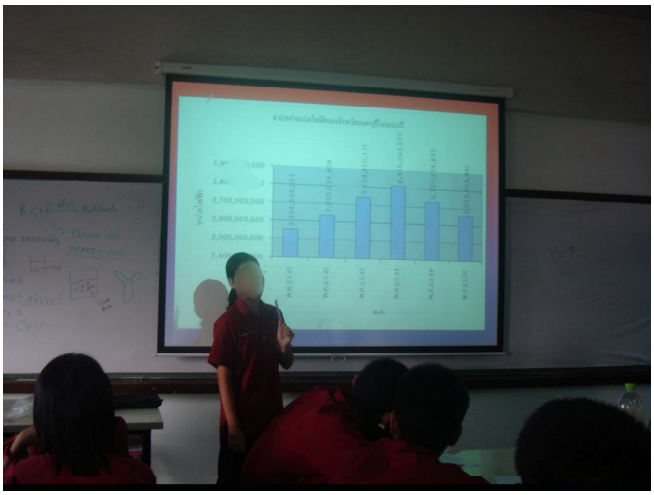
จากการคำนวณทางสถิต พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ภายหลังเรียนรู้ เพิ่มขึ้น จาก 13 คะแนน เป็น 22.64 คะแนน (คะแนนเต็ม 24 คะแนน) และเมื่อคิดเป็นร้อยละ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 54.17 เป็น ร้อยละ 94.33

ผู้วิจัยคาดว่าการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ สามารถกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ เริ่มตั้งแต่กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นการเลือกเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาเพื่อทำโครงงาน ซึ่งขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องพยายามศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษาเพิ่มเติมให้ได้มากที่สุดจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ไม่ใช้ข้อมูลจากแหล่งใด เพียงแหล่งเดียว โดยพิจารณาแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ซึ่งนักเรียนสามารถเลือกใช้แหล่งข้อมูลที่เหมาะสมจากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย อาทิ ผู้เชี่ยวชาญ ห้องสมุด และอินเตอร์เน็ต เป็นต้น และในขั้นการ

วางแผนและลงมือปฏิบัติโครงงาน ในขั้นตอนนี้ นักเรียนต้องมีการวางแผนการทำงานอย่างมีเป้าหมาย โดยใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของทุกคนในกลุ่ม รู้จักลำดับความสำคัญของงาน ได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องกำหนดวิธีการศึกษา โดยวิธีการที่นักเรียนคิดอาจมีทั้งที่เป็นไปได้และเป็นไปไม่ได้ หากกำหนดวิธีการศึกษาที่ตอบปัญหาของการทดลองไม่ได้ นักเรียนจะต้องออกแบบวิธีการศึกษาใหม่ หรือแม้แต่ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติ นักเรียนสามารถนำกฎและทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไปอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในโครงงานของตนเองได้ รวมถึงนักเรียนอาจต้องพบกับอุปสรรคต่างๆ ที่หลากหลาย เช่น ความจำกัดของเวลา ความแตกต่างทางความคิด และผลการทดลองไม่เป็นไปตามสมมติฐาน นักเรียนต้องปรึกษากันในกลุ่มเพื่อออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลองใหม่ หรือตีความหมายข้อมูลบนหลักฐานใหม่ และอาจเปลี่ยนแปลงสมมติฐานเดิม ซึ่งนักเรียนจะต้องพิจารณาทางเลือกที่ดีที่สุดและแก้ปัญหาให้กับกลุ่มของตนเอง ในขั้นการนำเสนอผลงาน ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องนำเสนอผลงานเป็นระยะๆ นำเสนอข้อความรู้และแลกเปลี่ยนความรู้ความคิด และแต่ละครั้งจะต้องตอบคำถามจาก ครู และเพื่อนนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการให้เหตุผลได้

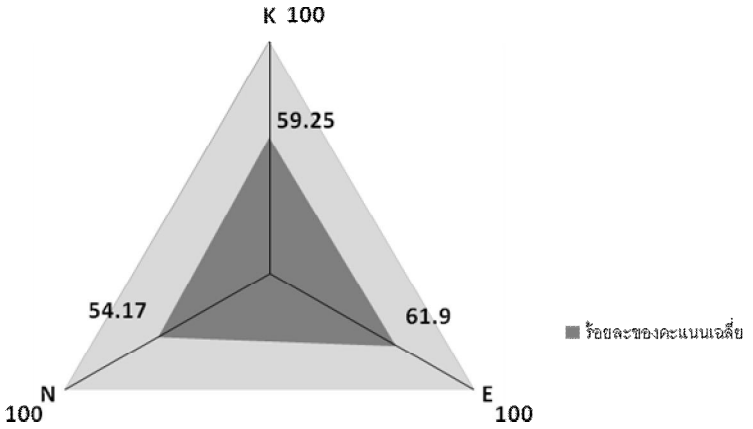
ภาพที่ 22 นักเรียนให้โอกาสเพื่อนในกลุ่มแสดงความคิดเห็นในระหว่างการวางแผนการทำโครงงานวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 23 นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวทางในการทำโครงงานเมื่อได้รับคำแนะนำจากครู

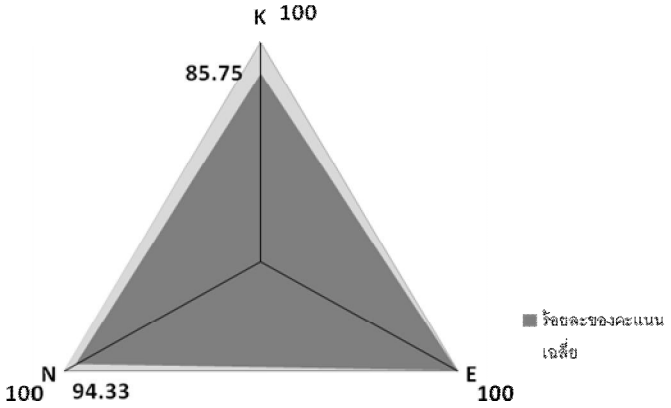


ภาพที่ 24 นักเรียนสามารถนำกฎ ทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ มาอธิบายเหตุการณ์ต่างๆ ในโครงงาน ได้อย่างถูกต้อง

5. สรุปการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน (KEN)



ภาพที่ 25 แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนก่อนเรียนรู้



ภาพที่ 26 แผนภูมิแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการรู้วิทยาศาสตร์ใน 3 ด้าน ได้แก่ 1.ด้านความรู้ (K) 2. ด้านการมีส่วนร่วม (E) 3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (N) ของนักเรียนหลังเรียนรู้

6. อภิปรายและวิจารณ์ผล

จากการวิเคราะห์การพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน ผู้วิจัยเสนอความคิดเห็นตามลำดับดังนี้

1. การศึกษาการพัฒนาความเข้าใจในด้านความรู้ (Knowledge) เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยภาพรวมนักเรียนมีความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 59.25 เป็นร้อยละ 85.75 ดังแสดงในภาพที่ 25 และภาพที่ 26 ซึ่งพิจารณามาจากความเข้าใจแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน และความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อนพบว่า ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเพิ่มขึ้น จากเดิมที่ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) และนักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) เป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 59.52 สำหรับความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน จากเดิมที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 83.33 ภายหลังเรียนรู้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 30.95 และแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 69.05 การที่นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นผลมาจากกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานเป็นกลุ่มแบบร่วมมือร่วมใจ ช่วยกันคิด วิเคราะห์ และแก้ปัญหา นักเรียนสามารถแสดงความรู้สึกหรือความคิดเห็นอย่างมีอิสระและมีเหตุผล นักเรียนได้มีโอกาสพบกับปัญหาและได้แก้ไขปัญหาทำให้ได้รับประสบการณ์จริงในการคิด และเป็นการคิดที่มีแบบแผนตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ สิ่งเหล่านี้ทำให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Cognitive Constructivism) ที่ว่านักเรียนเป็นผู้กระทำ (active) และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นเอง ประกอบกับทฤษฎีพัฒนาการของวิก็อทสกี้ (Social Constructivism) ที่เชื่อว่านักเรียนสร้างความรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น จากการที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน เช่นเดียวกับที่ สุรางค์ โค้วตระกูล (2533) และ ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) กล่าวว่า การสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนมีโอกาสฝึกความคิด ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงพื้นฐานความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้ ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในแนวคิดต่างๆ มากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาการพัฒนาการมีส่วนร่วม (Engagement) เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า ภายหลังการเรียนรู้ มีนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ 61.90 เป็น

ร้อยละ 100 โดยลักษณะการมีส่วนร่วมของนักเรียนแต่ละคนไม่ได้เป็นการมีส่วนร่วมเพื่อช่วยลดหรือแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการมีส่วนร่วม ที่มีความหลากหลายในทุกๆ ด้านมากขึ้น รวมถึง นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาทั้งระดับบุคคล ระดับสังคม และมีส่วนร่วมในลักษณะการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกิจกรรมโครงงานทำให้นักเรียนมีความตระหนักและเห็นความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การศึกษาและสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนอาจทำให้มีความเข้าใจเรื่องวิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนที่ถูกต้องเหมาะสม สามารถสร้างแรงจูงใจในการปฏิบัติตามได้ รวมถึงการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์เองนั้นก็เป็นอีกกิจกรรมหนึ่งที่ผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมและแสดงออกในเรื่องภาวะโลกร้อน อย่างเต็มที่ (ธีระชัย ปูรณโชติ, 2531; ภพ เลาหไพบูลย์, 2534; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

3. การศึกษาการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 54.17 เป็น ร้อยละ 94.33 ดังแสดงในภาพที่ 25 และภาพที่ 26 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ทั้ง 7 ด้าน เพิ่มขึ้น ผู้วิจัยคาดว่าการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่ การเลือกเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษา การวางแผนการลงมือปฏิบัติ การเขียนรายงาน และการนำเสนอผลงาน สามารถกระตุ้นให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Dewey cited in วารี ถิระจิตร และแรมสมร อยู่สถาพร (2538) ที่เสนอแนะให้นำวิธีทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งวิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีแก้ปัญหาเป็นการเรียนรู้ถึงวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และการทำงานทางวิทยาศาสตร์ได้และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กนกวรรณ โพธิ์ทอง (2545), พิรุณ ศิริศักดิ์ (2547), Griffitts (1987) และ Crouch *et al.* (n.d.) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยใช้กระบวนการกลุ่ม เน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง สามารถส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดและมีความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ต่อการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน

2. ขอบเขตการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัด นนทบุรี

ระยะเวลาในการวิจัย เดือนกุมภาพันธ์ 2551- กุมภาพันธ์ 2552

พลวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551
จำนวน 42 คน ที่เรียนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาเกี่ยวกับเรื่อง “ภาวะโลกร้อน”

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีระยะดำเนินการ 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 การออกแบบชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ (มีนาคม- พฤษภาคม 2551)

วัตถุประสงค์ของระยะนี้ คือ เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์

ระยะที่ 2 การนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ภาคเรียนที่ 1-2 ปีการศึกษา 2551 (ตุลาคม 2551-กุมภาพันธ์ 2552)

วัตถุประสงค์ของระยะนี้ คือ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน ก่อนและหลังนำชุดกิจกรรมการสอนเรื่อง“ภาวะโลกร้อน” โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้จัดการเรียนการสอนกับนักเรียน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน เป็นแบบเลือกตอบและเติมคำแบบสั้นๆ โดยแบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ตอนที่ 2 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

ตอนที่ 3 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน

ตอนที่ 4 สำรวจการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการตระหนักถึงความสำคัญและมีส่วนร่วม ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน

ตอนที่ 5 สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2. แบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน โดยในการสังเกตพฤติกรรมอย่างมีส่วนร่วมนี้ จะทำการสังเกตขณะจัดการเรียนการสอนและทำกิจกรรมโครงงานของนักเรียน

3. แบบบันทึกข้อมูลจากการสัมภาษณ์นักเรียน โดยในการสัมภาษณ์นักเรียนนี้ผู้วิจัยจะใช้การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อเก็บข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับคำตอบของนักเรียนบางส่วนที่เขียนลงในแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน

4. แบบประเมินโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้ประเมินผลงานของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอน ซึ่งก็คือ โครงงานของนักเรียนในเรื่อง"ภาวะโลกร้อน"

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

ในส่วนที่ 1 นี้ ในตอนแรกผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากคำตอบทุกข้อมาพิจารณาและจัดกลุ่มคำตอบ โดยเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อความภายใต้ประเด็นหรือคำสำคัญที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำย่อยภายใต้คำสำคัญ

จากนั้นนำกลุ่มคำตอบในแต่ละข้อที่แบ่งได้มาจัดกลุ่มตามประเภทแนวคิด ตามกรอบแนวคิดของ Michael R. Abraham

ส่วนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล ตามองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ข้อมูลที่เกี่ยวกับความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน (Knowledge)

ในด้านที่ 1 นี้ ผู้วิจัยจะวิเคราะห์คำตอบรายข้อและอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียด เปรียบเทียบคำตอบของนักเรียนและแบ่งกลุ่มคำตอบตามกรอบแนวคิดของ Michael R. Abraham เพื่อจัดกลุ่มคำตอบ ออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดถูกบางส่วน แต่ไม่ครบถ้วน (PU) กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดถูกบางส่วน

และมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน (PUSM) กลุ่มคำตอบที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และกลุ่มคำตอบที่ไม่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (NU)

ด้านที่ 2 ข้อมูลที่เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน (Engagement)

ด้านที่ 3 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Nature of Science)

สำหรับในด้านที่ 2 และ ด้านที่ 3 นี้ จะนำข้อมูลที่ได้จากทุกข้อมาพิจารณาและมาจัดกลุ่มคำตอบ โดยเปรียบเทียบความเหมือนหรือความต่างของข้อความภายใต้ประเด็นหรือคำสำคัญที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการจัดกลุ่มคำย่อยภายใต้คำสำคัญ

จากนั้น ในแต่ละด้านผู้วิจัยจะวิเคราะห์ข้อมูลในภาพรวมโดยคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละด้าน และคิดเป็นร้อยละ เพื่อประเมินการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อน โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามนี้ จะมี คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, ผู้เชี่ยวชาญ และนิสิตปริญญาโทสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ร่วมวิเคราะห์และตรวจสอบ โดยการลงความเห็นต่อการวิเคราะห์การจำแนกแนวคิดของนักเรียนว่าเห็นด้วยหรือไม่กับการตีความของผู้วิจัยพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้วิจัยจะนำมาหาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญโดยใช้เกณฑ์2 ใน 3 ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์นั้นน่าเชื่อถือมากขึ้น

2. แบบบันทึกข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเหตุการณ์ มาศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด เพื่อสามารถนำมาจัดจำแนกกลุ่ม และศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลและสรุปข้อมูล

3. แบบบันทึกข้อมูลการสัมภาษณ์นักเรียน ข้อมูลจากการสัมภาษณ์จะมีการบันทึกเทป ผู้วิจัยนำมาถอดเทป โดยกำหนดรหัสแทนชื่อจริงของนักเรียน จำแนกหัวข้อและยกตัวอย่างบทสัมภาษณ์ประกอบ จากนั้นให้ครูและนักเรียนตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เพื่อความถูกต้องของข้อมูล แล้วสรุปประเด็นหลัก จัดกลุ่มข้อมูล เปรียบเทียบข้อมูล ตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) ด้วยวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้วิธีรวบรวมข้อมูลต่างๆ และจากหลายๆ แหล่ง แล้วสร้างข้อสรุป

4. ข้อมูลจากเอกสารต่างๆ เช่น ผลงานของนักเรียน อนุทินของนักเรียน รายงานโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน บันทึกหลังการสอนของครู และใบประเมินโครงงานของครูและนักเรียน เป็นต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มากำหนดรหัสเพื่อจำแนกข้อมูลตามหัวข้อต่างๆ เช่น ความคิดเห็นที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน พฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างทำกิจกรรมโครงงาน การเรียนรู้ที่เกิดขึ้น และปัญหาและอุปสรรคต่างๆ แล้วเชื่อมโยงข้อมูลตามความสัมพันธ์และสรุปผลข้อมูล

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้แบ่งผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1. การรับรู้คำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน 2. การรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อน

ส่วนที่ 1 การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาจากการให้คำจำกัดความของคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน จากเดิมก่อนเรียนรู้ นักเรียนส่วนใหญ่ ที่เคยได้ยินคำสำคัญต่างๆ ในเรื่องภาวะโลกร้อน ไม่มีแนวคิด (NU) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) และมีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) พบว่า ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนได้พัฒนาการให้คำจำกัดความคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน ได้สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มมากขึ้น โดยคำว่า ก๊าซเรือนกระจก นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 90.48 คำว่า น้ำแข็งขั้วโลกละลาย และ คำว่า ปะการังฟอกขาว มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 85.71 คำว่า พิธีสารเกียวโต มีแนวคิด ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 59.53 คำว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน(SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 92.86 คำว่า Recycle มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 95.24 คำว่า Reuse มีแนวคิด ถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 100 คำว่า Repair มีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 92.86 และ คำว่า Replace นักเรียนมีแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) เพิ่มเป็น ร้อยละ 83.33 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการรับรู้และความเข้าใจในคำสำคัญต่างๆ ในเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนนั้นมีเพิ่มมากขึ้น

ส่วนที่ 2 การรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อน โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลตามองค์ประกอบของการรู้วิทยาศาสตร์ ทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านความรู้ (Knowledge) เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยภาพรวม ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านความรู้เรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 59.25 เป็นร้อยละ 85.75 ซึ่งพิจารณามาจากความเข้าใจแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน และความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยแนวคิดเรื่องสาเหตุและกลไกการเกิดภาวะโลกร้อน พบว่า ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเพิ่มขึ้น จากเดิมที่ไม่มีนักเรียนคนใดเลยที่มีแนวคิดถูกต้องครบถ้วน (SU) และนักเรียนส่วนใหญ่ มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) เป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน (SU) ร้อยละ 59.52 สำหรับความเข้าใจแนวคิดเรื่องผลกระทบของภาวะโลกร้อน จากเดิมที่นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 83.33 ภายหลังเรียนรู้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดดังกล่าวเป็นแนวคิดถูกต้อง ครบถ้วน(SU) ร้อยละ 30.95 และแนวคิดถูกบางส่วนแต่ไม่ครบถ้วน (PU) ร้อยละ 69.05

2. ด้านการมีส่วนร่วม (Engagement) เรื่องภาวะโลกร้อน ของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า ภายหลังการเรียนรู้ มีนักเรียนที่เคยมีส่วนร่วมเพิ่มขึ้นจาก ร้อยละ61.90 เป็นร้อยละ 100 และลักษณะการมีส่วนร่วมของนักเรียนแต่ละคนไม่ได้เป็นการมีส่วนร่วมเพื่อช่วยลดหรือแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนในด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น แต่เป็นการมีส่วนร่วมที่มีความหลากหลายในทุกๆ ด้านมากขึ้น รวมถึงนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาทั้งระดับบุคคล ระดับสังคม และมีส่วนร่วมในลักษณะการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนเพิ่มมากขึ้นด้วย

3. ด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (Nature of Science) ของนักเรียน พบว่า ก่อนเรียนรู้ โดยภาพรวม นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 54.17 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ในด้านที่ 2 วิทยาศาสตร์ต้องใช้หลักฐานในเชิงประจักษ์ด้านที่ 3 วิทยาศาสตร์ไม่ได้มีวิธีการเดียว และด้านที่ 7 วิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในด้านที่ 1 องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ด้านที่ 4 การทดลองในทางวิทยาศาสตร์ต้องมีเป้าหมายและเป็นส่วนหนึ่งของการสังเกต ด้านที่ 5 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์คือคำอธิบายข้อเท็จจริงในทางวิทยาศาสตร์ และ ด้านที่ 6 กฎทางวิทยาศาสตร์ คือการบรรยายพฤติกรรมทางธรรมชาติ ภายหลังการเรียนรู้ นักเรียนมีความเข้าใจในด้านธรรมชาติวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น จาก ร้อยละ 54.17 เป็น ร้อยละ 94.33 โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ ทั้ง 7 ด้าน เพิ่มมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ พบว่ากิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องและแนวคิดถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้า ทดลอง อภิปราย นำเสนอผลงาน รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนนักเรียน ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

1. เรื่องภาวะโลกร้อนประกอบด้วยแนวคิดที่หลากหลาย ต้องใช้พื้นฐานจากแนวคิดเรื่องฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เช่น พลังงานแสง บรรยากาศและอุตุนิยมวิทยา ความหลากหลายทางชีวภาพ การประยุกต์วิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และสิ่งแวดล้อมกับคุณภาพชีวิต เป็นต้นมาเป็นพื้นฐานในการเรียน ก่อนการเรียนในเรื่องดังกล่าวครูควรตรวจสอบแนวคิดที่เป็นพื้นฐานเดิมของนักเรียนก่อนที่จะสอน โดยครูอาจใช้วิธีการวัดแนวคิดโดยการสัมภาษณ์ การใช้แบบสอบถาม เพื่อที่ครูจะได้ทบทวนหรือเสริมแนวคิดพื้นฐานก่อนที่จะสอน

2. ครูผู้สอนควรสำรวจแนวคิดของนักเรียนในเรื่องภาวะโลกร้อนก่อนเรียนรู้ เพื่อให้ทราบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร เพื่อจะได้วางแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนแนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดเรื่องดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมยิ่งขึ้น

3. การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะโลกร้อน ควรเชื่อมโยงกับสภาพท้องถิ่นของนักเรียน เพราะทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญและเกิดความตระหนักถึงปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อนได้มากขึ้น สามารถนำความรู้ในห้องเรียนไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมถึงมีส่วนร่วมและเป็นแกนนำสำคัญในการรณรงค์เผยแพร่ความรู้ หรือช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาในเรื่องภาวะโลกร้อน ที่เกิดขึ้นในท้องถิ่นได้อย่างเหมาะสม

4. ครูผู้สอนควรมีบุคลิกภาพในความเป็นประชาธิปไตยสูง เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นได้อย่างเต็มที่ ได้มีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนนักเรียน และคอยเป็นผู้ชี้แนะ อำนวยความสะดวกให้นักเรียนสืบค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง

5. ควรมีการส่งเสริมและสอดแทรกกิจกรรมที่พัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ในเรื่องภาวะโลกร้อน ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนกำลังเรียน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาสาเหตุของการมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและแนวคิดที่หลากหลายของนักเรียน ในเรื่องภาวะโลกร้อน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการหาแนวทางแก้ไขแนวคิดและส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และครอบคลุมเนื้อหาที่หลักสูตรต้องการ

2. ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์ว่ามีความสอดคล้องกับการส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร

3. ควรมีการส่งเสริมและพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความเข้าใจในบทบาทของตนเองในการจัดการเรียนการสอนด้วยกิจกรรมโครงงานที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้สูงสุด

4. ควรศึกษาและสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์

5. ควรมีการสนับสนุนและพัฒนาให้ครูมีความสามารถในการออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการรู้วิทยาศาสตร์เรื่องภาวะโลกร้อนให้กับนักเรียน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกวรรณ โพธิ์ทอง. 2545. **รายงานการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธีการเรียนแบบร่วมมือแบ่งกลุ่มคละผลสัมฤทธิ์.** กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาการศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม เขตการศึกษา 1 กระทรวงศึกษาธิการ.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2533. **แบบฝึกกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์ ว 017 โครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. **คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2551. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน.** กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิชสำราญราษฎร์.

กิตติชัย สุธาสิโนบล. 2546. **โครงงาน Project Approach การจัดกระบวนการเรียนรู้สำหรับเด็ก.** กรุงเทพฯ: ธรรมรักษ์การพิมพ์.

จิรพรรณ แสงหล้า. 2532. **การศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ภายหลังการใช้ชุดกิจกรรมฝึกทำโครงงานวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านกาดวิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพล ฉลาดแย้ม. 2547. **การพัฒนากิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนในอำเภอศรีบุญเรือง สำนักเขตพื้นที่การศึกษาหนองบัวลำภู.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทิศนา แขมมณี. 2547. **ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เทพกัญญา พรหมขัติแก้ว, สุนันท์ สังข์อ่อง และสมาน แก้วไวยยุทธ. 2550. "การพัฒนาการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเพื่อศึกษาแนวคิดและวิธีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูประถมศึกษาช่วงชั้นที่หนึ่ง." **วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์** 13(4): 513-525.

ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล. 2550. **โลกร้อนสุดขั้ว วิกฤตติอนาคตประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: ฐานการพิมพ์.

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2531. **กรณีศึกษาการทำโครงงานวิทยาศาสตร์** พิมพ์ครั้งที่ 2**.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2531. **การสอนกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์: คู่มือสำหรับครู** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นฤมล ยุตาคม. 2543. "การเรียนรู้โดยการทำโครงงาน." **ศึกษาศาสตร์ปริทัศน์** 14(2): 15-23.

นันทิยา บุญเคลือบ. 2528. "โครงงานวิทยาศาสตร์." **วารสาร สสวท** 13(2): 46-50.

นิโลบล นิ่มกึ่งรัตน์, และคณะ. 2540. **การศึกษาการนำรูปแบบการเรียนรู้ด้านโครงงานวิทยาศาสตร์ไปใช้สร้างเครือข่ายครูที่ปรึกษาและครูวิทยากรในโรงเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

บัณฑิต คงอินทร์. 2550. **รุก-รับ โลกร้อน ก่อนหายนะ.** กรุงเทพฯ: มติชน.

บุปผชาติ ทัฬหิกรณ์. 2546**. เทคโนโลยีสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ศึกษา.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปริณดา ลิมปานนท์. 2547. **การศึกษาการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของครูตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรการสอน และเทคโนโลยีการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล และสุภาพ ฉัตราภรณ์. 2545. **การออกแบบการวิจัย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิรุณ ศิริศักดิ์. 2547. **ผลของการจัดกิจกรรมชุมชนแห่งการสืบสอนเชิงปรัชญาที่มีต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพฯ.** (Online). www.rajinibon.ac.thresearch.pdf., 10 ธันวาคม 2550.

ภพ เลาหไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ลัดดา ภู่เกียรติ. 2544. **โครงงานเพื่อการเรียนรู้ หลักการและแนวทางการจัดกิจกรรม.** กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลักจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วสันต์ ทองไทย. 2549. **เอกสารประกอบการเรียนวิธีวิจัย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา ฉัตรวิราคม. 2538. **การศึกษาการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร.** วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชามัธยมศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วารี ถิระจิตร และแรมสมร อยู่สถาพร. 2538 **วิธีสอนแบบแก้ปัญหา Problem Solving Method ชุดเสริมประสิทธิภาพครู เทคนิคและวิธีการสอนในระดับประถมศึกษา.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. 2544. **กระบวนการเรียนรู้โดยโครงงาน.** มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิมลศรี สุวรรณรัตน์ และมาฆะ ทิพย์ศรี. 2542. **พัฒนาทักษะวิทยาศาสตร์ โครงงานวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

วีระศักดิ์ อุดมโชค. 2550. **เอกสารประกอบการเรียนอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล. 2545. **การศึกษาลักษณะความรอบรู้เชิงวิทยาศาสตร์.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545. **คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2531. **คู่มือการจัดกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทย. 2549. **โครงงานวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการเพื่อพัฒนาการคิด.** กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สามัคคี บุณยะวัฒน์ และคณะ. 2543. **สิ่งแวดล้อมเทคโนโลยีและชีวิต.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2542. **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ 2542.** กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. **พิธีสารเกียวโต**. (Online). http://www.onep.go.th/CDM/unf_kyoto_his.html, 30 ตุลาคม 2551.

สิรินภา กิจเกื้อกูล, นฤมล ยุตาคม และอรุณี อิงคากุล. 2548. “ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” **วารสารเกษตรศาสตร์(สังคม)** 26(2): 133-145.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2545. **จิตวิทยาการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2549. **การเรียนรู้เพื่อโลกวันพรุ่งนี้ รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จาก PISA 2003.** กรุงเทพฯ: เซเว่นพริ้นติ้ง กรุ๊ป.

Abraham, MR. *et al.* 1994. "A cross-age study of understanding of five chemistry concepts." **Journal of Research in Science Teaching.** 31(2): 147-165.

American Association for the Advancement of Science. 1990. **Science for all American.** New York: Oxford University Press.

Anderson, B., Wallin, A. 2000. "Students' understanding of the greenhouse effect, the societal consequences of reducing co_2 emission and the problem of ozone layer depletion." **Journal of Research in Science Teaching.** 37(10): 1096-1111.

Bell, R., Abd-El-Khalick, F., Lederman,. N.G., McComas,. W.F., Matthews,. M.R. 2001. "The nature of science and science education: a bibliography." **Science & Education.** 10: 187-204.

Bybee, R.W. 1997. **Achieving Scientific Literacy.** Portsmouth, NH.: Heinemann. (Mimeographed).

Clough,. M.P. 2006. "Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction." **Science & Education**. 15(5): 463-494.

Corbett, J. *et al.* 2004. "Testing public (un)certainty of science: media representations of global warming." **Science Communication**. 26(2): 129-151.

Crouch,G.J., I.J. Quitadamo, and C.B. Jayn. n.d. 2008. **A new method of evaluating the effects of small group collaborative learning on critical thinking in undergraduate science and mathematics courses.** (Online). www.chem.wsu.edufacultyprofile.pdf., April 20, 2008.

Elliott, P. 2006. " Reviewing newspaper articles as a technique for enhancing the scientific literacy of student-teachers." **International Journal of Science Education**. 28(11): 1245-1265.

Francis ,C. *et al.* 1993. "Ideas of elementary student about reducing the greenhouse effect." **Science Education.** 77(4): 375-392.

Griffitts, D.C. 1987. "The effect of activity-oriented science instruction on the development of critical thinking skills and achievement." **Dissertation Abstracts International.** 48(5): 1102-A.

Hardy, J.T. 2003. **Climate Change.** England: John Wiley & Sons Ltd.

Harlen, W. 2002. **The OECD's Programme for International Student Assessment (PISA) and its impact on school science curricula.** Report to the Ecsite Conference. November.

Hodson, D. 2006. "Why we should prioritize learning about science." **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education.** 293-305.

Houghton, J. 1997. **Global Warming.** United Kingdom: Cambridge university press.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. **Climate Change 2001**. Switzerland.

Irez,. S. 2006. "Are we prepared?: an assessment of preservice science teacher educators' beliefs about nature of science." **Science Education**. 90(6).

Jame A. Rye , Peter A. Rubba and Randall L. Wiesenmayer. 1997. "An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming." **International Journal of Science Education.** 19(5): 527-551.

Laugksch, R. 1999. "Scientific literacy: a conceptual overview." **South African Journal of Science**. 71-94.

Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., Schwartz, R.Z. 2002. "Views of nature of science questionnaire: toward valid and meaningful assessment of learners's conception of nature of science." **Journal of Research in Science Teaching.** 39(6): 497-518.

Lee, Y.C. 2007. "Developing decision-making skills for socio-scientific issues." **Journal of Biological Education.** 41(4): 170-177.

McComas, W.L. 2004. "Keys to teaching the nature of science." **The ScienceTeacher.** 71(9): 24-27.

McComas, W . F. , Clough , M . P. and Almazroa , H. 2000. "The role and character of the nature of science in science education." **The Nature of Science in Science Education.** 3-39.

Meichtry,Y.J. 1992. "Influencing student understanding of the nature of science." **Journal of Research in Science Teaching.** 29(4): 389-407.

Millar, R. 2006. "Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science." **International Journal of Science Education.** 28(13): 1499-1521.

National Research Council. 1996. **National Science Educational Standards.** Washington D.C.: National Academy Press.

Promkatkeaw, T. 2007. **A Development of Program for Primary School Teachers on Nature of Science Instruction.** Doctor of Philosophy. Graduate School, Kasetsart University.

Richard Carrier. 2001. **Scientific Literacy.** (Online). http://www.infidels.org/library/Modern/richard_carrier/SciLit.html., July 3, 2008.

Rubba,P.A.,JK.Horner and J.M.Smith. 1981. "A Student of two misconception about the nature of science among junior high school student." **Science and Mathematics.** 81(1): 221-230.

Rye, J..A. et al. 1997. "An investigation of middle school students' alternative conceptions of global warming." **International Journal of Science Education.** 19(5): 527-551.

Shwarthz, Y.,R. Ben-Zvi, and A. Hofstein. 2006. "The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students." **Chemical Education Research and Practice**. 7(4): 203-225.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ
   คณะศึกษาศาสตร์
   ภาควิชาการศึกษา
   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อาจารย์ ดร. วีระศักดิ์ อุดมโชค
   คณะวิทยาศาสตร์
   ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือการวิจัย

แบบสอบถาม

เรื่อง การสำรวจการรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่อง ภาวะโลกร้อน ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เพื่อสำรวจการรู้วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนของนักเรียน ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวางแผนและเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานวิจัย โดยข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมและพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อน ให้กับนักเรียนต่อไป จึงขอความร่วมมือในการให้ข้อมูลและกรอกแบบสอบถามตามความเป็นจริงและกรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้ออย่างเต็มศักยภาพ เพื่อผลของการศึกษาจะได้ตรงตามข้อเท็จจริงและเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนมากที่สุด โดยผู้วิจัยจะเก็บรักษาข้อมูลส่วนบุคคลในแบบสอบถามของท่านไว้เป็นความลับ และจะไม่มีการนำไปเผยแพร่ไม่ว่าในกรณีใดๆ ทั้งสิ้น
2. แบบสอบถามนี้ มีทั้งหมด 5 ตอน ดังนี้

   ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

   ตอนที่ 2 สำรวจการรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

   ตอนที่ 3 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน

   ตอนที่ 4 สำรวจการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการตระหนักถึงความสำคัญและการมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน

   ตอนที่ 5 สำรวจความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

นิสิตปริญญาโท สาขาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

<u>คำชี้แจง</u> กรุณากรอกข้อมูลตามความเป็นจริง

1. ชื่อ……ชั้น……
2. อายุ……เพศ…….....
3. แผนการเรียน…….....
4. เกรดเฉลี่ยสะสม(GPA)……
5. ท่านเคยติดตามข่าวเกี่ยวกับเรื่องภาวะโลกร้อนหรือไม่ จากแหล่งข้อมูลใดบ้าง

   ……

   ……

   ……

ตอนที่ 2 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับคำสำคัญในเรื่องภาวะโลกร้อน

<u>คำชี้แจง</u> ให้ท่านระบุว่าเคยได้ยิน หรือรู้จักคำศัพท์ต่อไปนี้หรือไม่ ถ้าเคยได้ยินโปรดอธิบายคำศัพท์เหล่านี้ตามความเข้าใจของท่าน และระบุว่าได้ทราบข้อมูลมาจากแหล่งใด

1. ก๊าซเรือนกระจก

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

2. น้ำแข็งขั้วโลกละลาย

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

3. ปะการังฟอกขาว

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

4. พิธีสารเกียวโต

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

5. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

6. Recycle

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

7. Reuse

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

8. Repair

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

9. Replace

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

อธิบาย

……

……

ตอนที่ 3 สำรวจแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวความรู้เรื่องภาวะโลกร้อน

<u>คำชี้แจง</u> ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ท่านเคยได้ยินคำว่า “ภาวะโลกร้อน” หรือไม่

☐ เคยได้ยิน ☐ ไม่เคยได้ยิน

ภาวะโลกร้อนเกิดจากสาเหตุใด และการที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นนี้มีกลไกการเกิดอย่างไร

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

2. ภาวะโลกร้อน มีผลกระทบต่อท่าน สังคมและโลกอย่างไร

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

ตอนที่ 4 สำรวจการมีส่วนร่วมของนักเรียนในการตระหนักถึงความสำคัญและมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาเรื่องภาวะโลกร้อน

<u>คำชี้แจง</u> ให้ตอบคำถามต่อไปนี้

1. ท่านสามารถช่วยแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนได้อย่างไรบ้าง (โปรดระบุเป็นข้อๆ)

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

2. ท่านเคยมีส่วนร่วมในการรณรงค์ ช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนหรือไม่

☐ ไม่เคย

☐ เคย (โปรดระบุ)……

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

……..

ตอนที่ 5

<u>คำชี้แจง</u> จงอ่านประโยคที่ให้มาหากท่านคิดว่าประโยคนั้นถูกต้องให้ท่านใส่เครื่องหมายถูก หากว่าท่านคิดว่าประโยคนั้นผิดก็ให้ใส่เครื่องหมายผิดหน้าข้อความนั้นและแก้ไขประโยคดังกล่าวให้ถูกต้องด้วย

___1. นักวิทยาศาสตร์จะคาดหวังว่าผลการทดลองจะออกมาในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง

.....

.....

___2. วิทยาศาสตร์เพียงแค่สร้างบทสรุปชั่วคราวซึ่งบทสรุปนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้

.....

.....

___3. วิทยาศาสตร์มีแนวทางในการสร้างงานวิจัยเพียงวิธีการเดียว

.....

.....

___4.ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงแค่คำอธิบายไม่ใช่ข้อเท็จจริง

.....

.....

___5. จะถือว่าสิ่งใดเป็นวิทยาศาสตร์ สิ่งนั้นต้องสามารถถูกตัดสินได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์

.....

.....

___6. วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของข้อเท็จจริง ปราศจากการตีความของมนุษย์

.....

.....

___7. จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ก็ต่อเมื่อมีการทดลอง

.....

.....

___8. ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์จะเปลี่ยนแปลงก็ต่อเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา

.....

.....

___9.นักวิทยาศาสตร์ออกแบบและจัดกระทำการทดลองอย่างมีเป้าหมาย

.....

.....

___10. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถพิสูจน์ข้อเท็จจริงว่าถูกต้องได้ และถือว่าเป็นองค์ความรู้ที่สมบูรณ์และเป็นที่สิ้นสุด

.....

.....

___11. การทดลองสามารถพิสูจน์ว่าทฤษฎีนั้นถูกต้องได้

.....

.....

___12. วิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งเป็นพื้นฐานของความเชื่อ ข้อสันนิษฐานและสิ่งที่สังเกตไม่ได้

.....

.....

___13.จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูกใช้ในทุกขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

……

.....

___14.ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เป็นเพียงความคิดที่อธิบายว่าบางสิ่งบางอย่างทำงานอย่างไร

.....

.....

___15.กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นทฤษฎีที่ถูกยืนยันอย่างมากและกว้างขวาง

.....

.....

___16.ภูมิหลังของนักวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษา ทัศนะ ความสนใจ ความถนัด สมมติฐานเบื้องต้น และความเชื่อทางปรัชญา มีอิทธิพลต่อการรับรู้และการตีความข้อมูลของนักวิทยาศาสตร์

.....

.....

___17.กฎทางวิทยาศาสตร์ไม่เปลี่ยนแปลงเพราะได้รับการพิสูจน์มามากแล้วว่าถูกต้อง

.....

.....

___18.ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับคือ สมมติฐานที่ได้รับการยืนยันจากหลักฐานจำนวนมากและยังไม่มีหลักฐานอื่นที่สามารถหักล้างได้

.....

.....

___19.กฎทางวิทยาศาสตร์พรรณนาความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ที่สามารถเห็นได้แต่ไม่ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์นั้น ๆ

.....

.....

___20.องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการทดสอบสมมติฐาน (ผู้หญิงทุกคนสวย ฟ้าเป็นผู้หญิง ดังนั้นฟ้าจึงสวย) มากกว่าการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลต่างๆ (แก้ว แป้ง น้ำ เป็นคนสวย ดังนั้น ผู้หญิงทุกคนสวย)

.....

.....

___21.นักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบาย โมเดล และทฤษฎี

.....

.....

___22.นักวิทยาศาสตร์สร้างทฤษฎีเพื่อเป็นกรอบในการวิจัยอื่น ๆ ต่อไป

.....

.....

___23.นักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าบางสิ่งบางอย่างอยู่จริงตามทฤษฎีทั้ง ๆ ตนก็ไม่เคยเห็น

.....

.....

___24.กฎทางวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ที่สุดและแน่นอน

.....

.....

****

ขอขอบคุณในความร่วมมือ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุขรัชต์ดา วงษาสุข
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 10 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดสิงห์บุรี
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทั่วไป)
	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ