



การศึกษา

ภาควิชา

The Development of High School Student's Conception of Photosynthesis and Views of Nature of Science Using Inquiry – Based/ Explicit NOS Approach

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ประ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุนทรา โตบัว, กศ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ສົບສິນທິ ມຫາວິທຍາສັຍເກຊຄາສຄາ

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ
การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน
ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

The Development of High School Student's Conception of Photosynthesis
and Views of Nature of Science
Using Inquiry – Based/ Explicit NOS Approach

โดย

นางสาวอังคณา ปัทมพงศา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อังคณา ปัทมพงศ์ 2555: การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปรินญาศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต
(วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ปร.ด. 295 หน้า

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมอง
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์แบบชัดเจน และ 2) เพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการปฏิบัติการสอนในรูปแบบดังกล่าวที่ส่งเสริม
การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
จากการสะท้อนความคิดจากการสอนอย่างใดคร่าวๆ การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร 1 ห้องเรียน
(48 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ 9 แผน (16 คาบ) แบบวัดแนวคิดเรื่องการ
สังเคราะห์ด้วยแสง แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการ
สอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน วิเคราะห์
แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบวัด
แนวคิดและแบบวัดมุมมอง แล้วจัดกลุ่มเป็น 5 กลุ่ม และ 4 กลุ่ม ตามลำดับ โดยพิจารณาจากความสอดคล้องจาก
คำตอบที่คาดหวัง จากนั้นคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนแต่ละกลุ่มแนวคิดหรือกลุ่มมุมมองแล้วเปรียบเทียบผล
ก่อนเรียนกับหลังเรียน และประเมินการพัฒนาในภาพรวมจากคะแนนหลังเรียนโดยใช้เกณฑ์ 60% และพิจารณา
ระดับพัฒนาการจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ สำหรับข้อมูลจากเครื่องมืออื่นๆ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา
ส่วนการศึกษาและเสนอแนวทางการสอนใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัยจาก
อนุทินของนักเรียน แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ และแบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย

ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์แบบชัดเจนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกแนวคิด โดยมีคะแนนหลัง
เรียนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์เท่ากับ 69.00% และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 60.49 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การพัฒนา
ระดับสูง ส่วนการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้ทุกด้านที่ศึกษาเช่นกัน แต่ด้านที่
นักเรียนมีพัฒนาการน้อยคือด้านมาลาคิของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์
เท่ากับ 68.27% และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เท่ากับ 33.09% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง สำหรับ
การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ส่งเสริม
การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการ
จัดการเรียนการสอนในลักษณะดังกล่าวจากการปฏิบัติที่ดี เพื่อประโยชน์กับครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

Aungkana Pattamapongsa 2012: The Development of High School Student's Conception of Photosynthesis and Views of Nature of Science Using Inquiry – Based/ Explicit NOS Approach. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Assistant Professor Pongprapan Pongsophon, Ph.D. 295 pages.

This research aimed to 1) develop high school students' conception of photosynthesis and views of nature of science by using inquiry – based/ explicit NOS approach and to 2) study and propose an effective way of implementing this instructional approach based on practical knowledge and critical reflection. Research design is a classroom action research. The participants were a classroom of grade 11 students (N=48) from a high school in Bangkok. The research tools consisted of: nine lesson plans (16 periods), Photosynthesis Concept Test, Views of Nature of Science questionnaire, teacher reflective journals, classroom observation for a peer teacher, student journals and work sheets. Student's written responses in respect to photosynthesis and nature of science were thoroughly read and categorized into five and four groups, respectively based on degree of congruence with expected answers. To determine the success of the approach initially, frequencies and percentages of each group before and after the intervention were compared. Then, the total scores of an individual student over pre and post intervention are calculated and evaluated using 60 percent criteria for posttest. Relative gain scores were also worked out to determine the extent of change in their ideas. To synthesize the best practice, the critical points in student journals, teacher reflective journals and peer teacher's observational data were identified and generalized using inductive analysis.

The findings indicated that inquiry – based/ explicit NOS approach can improve all concepts of photosynthesis, with average posttest score exceeded the criteria at 69.00% and the high level of relative gain score at 60.49 %. Concerning the views of nature of science, the students moved towards the informed views in all aspects. However, they demonstrated little improvement in “myth of scientific method”. The average posttest score exceeded the criteria at 68.27% with the moderate level of relative gain score at 33.09%. The researcher as a practitioner provided suggestions and tips in teaching “science” and “about science” by this approach in great details in the report using Photosynthesis Learning Unit as an example based on theoretical and practical knowledge for the sake of science teachers.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถอย่างยิ่งจาก ผศ.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ศรีสม สุวรรณวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งในการดำเนินการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อีกทั้งช่วยแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการศึกษาทุกท่าน โดยเฉพาะสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ประสิทธิภาพและความรู้วิทยาการต่างๆ แก่ผู้วิจัย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือวิจัยทุกท่านที่ได้กรุณาสละเวลาในการตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการและคณาจารย์โรงเรียนหอวังที่ให้โอกาสแก่ผู้วิจัยในการลาศึกษาต่อในครั้งนี้ อีกทั้งกรุณาให้ผู้วิจัยเข้าไปดำเนินการวิจัยและเก็บข้อมูลในโรงเรียน ขอขอบคุณ อาจารย์วีระเดช คำถาวร ครูผู้ช่วยวิจัย ที่ให้คำปรึกษา ให้ความร่วมมือ และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย ขอขอบใจนักเรียนชั้นม.5/6 โรงเรียนหอวังทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้ทุนการศึกษา สนับสนุนการวิจัยและให้โอกาสแก่ผู้วิจัยได้มาเป็นครูอย่างเช่นทุกวันนี้

คุณประโยชน์ที่อาจมีต่อผู้อื่นของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบแต่ คุณพ่อเอนก คุณแม่สาระ นางสาวชญญารัตน์ และนางสาวสาธิตา ปัทมพงศา ผู้ซึ่งคอยสนับสนุน ห่วงใยและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

อังคณา ปัทมพงศา

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
ขอบเขตการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	10
แนวคิด	11
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์	31
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	44
การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	47
กรอบแนวคิดการวิจัย	50
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	51
การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา	51
การกำหนดรูปแบบการวิจัย	52
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล	74
การวิเคราะห์ข้อมูล	76
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	84
บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน	85
การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	89
การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	132

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการ สังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	161
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	184
สรุปผลการวิจัย	184
ข้อเสนอแนะ	194
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	198
ภาคผนวก	214
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยและหนังสือราชการ	215
ภาคผนวก ข ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและตัวอย่างคำตอบ ของนักเรียนในแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	225
ภาคผนวก ค แบบวัดแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	247
ภาคผนวก ง แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	259
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน	266
ภาคผนวก ฉ เครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ในการวิจัย	279
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	295

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	20
2	แสดงกรอบการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนในงานวิจัย	38
3	แสดงด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับ มติประชาคมวิทยาศาสตร์	41
4	แสดงลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้และระดับของการสืบเสาะ หาความรู้ (ปรับปรุงจาก NRC, 2000)	46
5	แสดงลักษณะสำคัญของการปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน	47
6	โครงการสอนระยะยาว การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนในแต่ละแผนการสอน	57
7	แสดงเป้าหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่วางไว้ในแต่ละ แผนการสอน	63
8	ตารางแสดงรายละเอียดแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	66
9	ตารางแสดงรายละเอียดแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา	70
10	แสดงรายละเอียดการจัดกลุ่มแนวคิดจากแบบวัดแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	แสดงรายละเอียดการจัดกลุ่มมุมมองจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	81
12	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในแต่ละกลุ่ม ก่อนเรียนและหลังเรียน	90
13	คะแนนก่อนเรียน หลังเรียนและคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวม	124
14	แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองแต่ละกลุ่มก่อนและหลัง การเรียนรู้ในแต่ละด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา	133
15	คะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนหลังเรียนและ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวม	152
16	แสดงจุดแข็ง จุดอ่อน และแนวทางการแก้ไขในการสอนแต่ละแผนการสอน	162
ตารางผนวกที่		
1	รายละเอียดตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละแนวคิด	226
2	รายละเอียดคำตอบในแต่ละด้านของมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	241

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	18
2	แสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์	21
3	แสดงโครงสร้างใบของพืช C_3	26
4	แสดงโครงสร้างใบของพืช C_4	27
5	แสดงวงจรการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน	49
6	กรอบแนวคิดการวิจัย	50
7	แผนภาพแสดงการเก็บรวบรวมข้อมูลในการตอบคำถามวิจัย	74
8	แผนผังห้องเรียนประจำ	87
9	แผนผังห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา	88
10	ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา	88
11	แสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ในการตอบคำถามข้อที่ 1	93
12	แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนก่อนเรียน	94
13	ตัวอย่างภาพจากใบกิจกรรมของนักเรียน (ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่องคลอโรพลาสต์ของพืช)	96

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ตัวอย่างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ที่นักเรียนสร้างขึ้น	97
15	ตัวอย่างคำตอบในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU)	97
16	นักเรียนลงมือทำปฏิบัติการทดลองเพื่อหาหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	178
17	จำลองสถานการณ์นักสืบโคนันเพื่อให้นักเรียนหาหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	178
18	กิจกรรมนักสืบโคนันตอน ตามรอยแฮทและสแลค นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	179

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานในอาชีพต่างๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์พัฒนาวิธีคิด มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์จึงเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนควรต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551: 92) ซึ่งการรู้วิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง การมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการที่จำเป็นต่อการตัดสินใจระดับบุคคล กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (National Research Council [NRC], 2000: 22; American Association for the Advancement of Science [AAAS], 2009) ดังนั้น ในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ผ่านมา จึงมีนักการศึกษาจำนวนไม่น้อยที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการในการเรียนรู้และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ, 2546; Liu, 2001; Tekkaya, Ozkan and Sungur, 2001; Tsai & Chou, 2002; Schwartz, Lederman and Crawford, 2004; Deshmukh and Deshmukh, 2007)

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางชีววิทยา แนวคิดหนึ่งที่สำคัญ คือ แนวคิดเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญต่อการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆ ทางชีวภาพ เพราะกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกี่ยวข้องและสัมพันธ์โดยตรงกับสมดุลธรรมชาติของสิ่งแวดล้อม และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลกเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงเป็นแนวคิดที่ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) แต่อย่างไรก็ดี แนวคิดนี้ยังเป็นแนวคิดหนึ่งที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเป็นลำดับต้นๆ ของวิชาชีววิทยา (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ, 2546; นันทรัตน์ พิงแพง, สมาน แก้วไวยุทธ์ และ วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2549) อีกทั้งมีความเข้าใจ

คลาดเคลื่อนในทุกระดับชั้นตั้งแต่ประถมศึกษาจนถึงระดับมหาวิทยาลัย (Wandersee, 1985; Anderson, Sheldon and Dubay, 1990)

สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สาเหตุของความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนี้ ส่วนหนึ่งมาจากความยากของตัวเนื้อหาและการจัดการเรียนการสอนของครู (Office of the National Education Commission [ONEC], 2002) สำหรับเนื้อหานี้ มีส่วนหนึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นใน กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในระดับเซลล์ (โมเลกุล) ซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมมาก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) ต้องอาศัยความรู้พื้นฐานทางชีววิทยาและเคมีอย่างเพียงพอ โดยเฉพาะ ความเข้าใจเรื่องปฏิกิริยาเคมี สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง (Tekkaya, Ozkan and Sungur, 2001) การอนุรักษ์และการส่งผ่านพลังงาน (Driver *et al.*, 1994) อีกทั้งต้องทราบลักษณะ โครงสร้างของพืชและปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ที่เอื้ออำนวยต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (สถาบัน ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สวทช.], 2554; Brancaloni *et al.*, 2008) ทำให้เป็น การยากที่นักเรียนจะทำความเข้าใจได้อย่างถูกต้อง ส่วนด้านการสอนของครู ครูส่วนใหญ่ยอมรับว่า เนื้อหาเรื่องนี้ยากที่จะสอนและเรียนในทุกระดับชั้น (Cepni, Tas and Kose, 2006) ดังนั้นครูส่วนใหญ่ มักสอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบบรรยาย เพราะคิดว่าเรื่องนี้เป็นเรื่องที่เข้าใจยาก การอธิบาย ให้นักเรียนฟังอย่างตรงไปตรงมาน่าจะทำให้ นักเรียนเข้าใจได้ตรงกัน แต่กลับพบว่านักเรียนไม่ได้ เข้าใจแนวคิดของเรื่องนี้อย่างลึกซึ้งและไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ (พูนศรี นิยมศาสตร์, 2547; Kijkuakul, 2006)

สำหรับผู้วิจัยเอง ซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาชีววิทยาที่มีประสบการณ์สอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 มาแล้ว 2 ปี พบว่าแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นแนวคิดที่นักเรียนเข้าใจยากที่สุด ในบรรดาแนวคิดเกี่ยวกับพืชในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และจากการวิเคราะห์ปัญหาดังกล่าว พบว่า สาเหตุหลักน่าจะมาจากความยากของเนื้อหาและการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยเช่นกัน ซึ่งในด้านการจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย เน้นด้วยเนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ผู้วิจัยจึงเห็นว่าเป็น การยากที่จะจัดกิจกรรมหรือการทดลองที่ทำให้ นักเรียนเข้าใจแนวคิดและเห็นภาพอย่างเป็น รูปธรรม ดังนั้น ในการสอนที่ผ่านมาของผู้วิจัยจึงใช้การบรรยายเป็นหลักซึ่งพบว่าทำให้นักเรียน ขาดความสนใจในการเรียน ละเลยการสอนของครูในชั้นเรียน และหันไปให้ความสำคัญกับการ กวดวิชาเพื่อให้เข้าใจเนื้อหานี้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกิจกรรมการสอนของผู้วิจัยที่ไม่หลากหลาย นักเรียนไม่มีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติ ไม่มีโอกาสได้คิดและแสดงความคิดเห็นในขณะที่มีการเรียน การสอน จึงทำให้นักเรียนขาดความกระตือรือร้นในการเรียนและมองไม่เห็นความสำคัญในการ เรียนในห้องเรียน มองว่าวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่ต้องใช้การท่องจำมากกว่า

ความเข้าใจ อีกทั้งมองว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้แตกต่างจากการเรียนทั่วไป ที่นักเรียนเข้ามาเรียนเพื่อรับฟัง ทำตามครูบอกและเชื่อตามที่ครูสอน ไม่ได้มีโอกาสได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และลงมือสำรวจตรวจสอบเพื่อสร้างความรู้ด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ ไม่ท้าทาย ไม่มีเหตุผล ไม่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นการมองวิทยาศาสตร์ผิดไปจากที่วิทยาศาสตร์เป็น จากการนำเสนอภาพลักษณ์ของวิทยาศาสตร์ที่ผิดไปจากธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของผู้วิจัย

จากเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการสอนต่างๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถเกิดแนวคิดที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์และทำให้นักเรียนได้ตระหนักถึงความสำคัญและมีมุมมองเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องตามที่วิทยาศาสตร์เป็น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และทำให้นักเรียนเกิดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมุมมองของนักวิทยาศาสตร์หรือที่เรียกในทางวิชาการว่า มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์ได้ (Flick and Lederman, 2006) เนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้ นักเรียนสร้าง ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรียนรู้วิธีการหาความรู้ (Learning how to Learn) ซึ่งเหมาะกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Martin *et al.*, 2005) การสอนรูปแบบนี้จึงได้รับการสนับสนุนให้ใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์มาอย่างต่อเนื่อง (NRC, 2000; สสวท., 2546) อีกทั้งการให้นักเรียนเป็นผู้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ จึงเป็นการสอนวิทยาศาสตร์อย่างที่ว่าวิทยาศาสตร์เป็น (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2552: 56) ซึ่งจากการศึกษาของขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) ที่ศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบนี้สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หรือการมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์นั้น จะช่วยให้นักเรียนทราบถึงขอบเขต ข้อจำกัดของความรู้วิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงคุณค่าของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ และสามารถพัฒนาการเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น (สสวท., 2551) นอกจากนี้ยังช่วยในการคิดวิเคราะห์ จำแนกแยกแยะ ตัดสินใจ และแก้ปัญหา (Driver *et al.*, 1994; McComas, 2000) ทำให้สามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาทางสังคม ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนอยู่ในสังคมได้อย่างรู้เท่าทัน (สสวท., 2551)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังคมไทยที่ได้รับอิทธิพลจากลัทธิความเชื่อ ไซยศาสตร์ การนำเสนอภาพลักษณ์ วิทยาศาสตร์จากสื่อต่างๆ มีทั้งสิ่งที่เป็นวิทยาศาสตร์ ไม่ใช่วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์เทียม ทำให้เกิดความสับสนและเข้าใจผิด ซึ่งการมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคม วิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนในฐานะพลเมืองคนหนึ่งสามารถตัดสินใจและแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีวิจารณญาณ

สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดอยู่ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของหลักสูตรแกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งมีตัวชี้วัดอยู่ในทุกระดับชั้น นั้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สถาบันการศึกษาคาดหวังให้เกิดกับนักเรียน โดยสาระที่ 8 นี้เป็นสาระบูรณาการ ต้องสอดแทรกไปกับเนื้อหาความรู้ การบูรณาการดังกล่าวจะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งเกิดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ไปพร้อมกัน

แต่อย่างไรก็ดี ถึงแม้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นจะได้รับการยอมรับว่าสามารถทำให้นักเรียนพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคม วิทยาศาสตร์ได้ (AAAS, 2009; NRC, 2000; Schwab, 1962 อ้างใน Schwartz *et al.*, 2004) แต่หากครูไม่ได้ให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยคาดหวังว่านักเรียนจะสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยอัตโนมัติเมื่อผ่านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว หรือที่เรียกว่า สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง (Implicit NOS Approach) ผลการวิจัยพบว่าจะไม่มียุทธวิธีต่อการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมากนัก (Bell, Lederman and Abd-El-Khalick, 1998; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002)

ในทางตรงกันข้าม หากครูให้ความสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นจุดประสงค์หนึ่งในการจัดการเรียนรู้ และออกแบบกิจกรรมที่สาธิต หรือจำลองประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นๆ แล้วบ่งชี้ อภิปรายให้นักเรียนเห็น และมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจน หรือที่เรียกว่า สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit NOS Approach) นั้น พบว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีมุมมองเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Akerson, Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Schwartz *et al.*, 2002) นอกจากนี้ จากงานวิจัยของ Khishfe และ Abd-El-Khalick

(2002) ที่ศึกษาอิทธิพลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้งเปรียบเทียบกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง พบว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ในขณะที่การสอนแบบไม่ชัดแจ้งไม่มีอิทธิพลต่อการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ในต่างประเทศมีผู้สนใจศึกษาการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งเป็นจำนวนมาก เช่น Akerson *et al.* (2000); Khishfe and Abd-El-Khalick (2002); Schwartz *et al.* (2002); Schwartz *et al.* (2004); Abd-El-Khalick (2005); Scharmann *et al.* (2005); Akerson, Buzzelli and Donnelly (2008) ส่วนในประเทศไทย มีผู้เคยศึกษาการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้รูปแบบนี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ในเนื้อหาเรื่องสารในชีวิตประจำวัน (กาญจนา มหาดี, 2553) และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเนื้อหาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ (Liangkrilas, 2009) ซึ่งพบว่าสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ แต่ยังไม่มีผู้ศึกษาในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และศึกษาผลจากการสอนด้วยวิธีนี้ในการพัฒนาทั้งแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Inquiry-based /Explicit NOS Approach) ในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงว่าสามารถพัฒนาแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในบริบทของผู้วิจัยได้หรือไม่ อย่างไร โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) เพื่อพัฒนาแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และพัฒนาการสอนของผู้วิจัยเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับครูและนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาในการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อีกต่อไป

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร

2. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง
2. เพื่อศึกษาและเสนอแนวทางการปฏิบัติการสอนแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ออกแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ตามคำถามการวิจัย โดยมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน (48 คน)

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ซึ่งใช้ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 16 คาบ

ประเด็นที่ต้องการศึกษา คือ

1. แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วย 4 แนวคิดหลัก คือ

- 1.1 คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์

1.1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์

1.1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.2.1 ปฏิกิริยาแสง

1.2.2 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

1) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3

2) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4

3) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM

1.2.3 โฟโตเรสไพเรชัน

1.3 การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง

1.4 ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

1.4.1 แสงและความเข้มของแสง

1.4.2 คาร์บอนไดออกไซด์

1.4.3 อุณหภูมิ

1.4.4 อายุใบ

1.4.5 ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ

1.4.6 ธาตุอาหาร

2. มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดของ Lederman *et al.* (2002) ซึ่งประกอบด้วย 8 ด้าน คือ

2.1 การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 การสังเกต ลงความเห็นและมีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.3 ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์

2.4 จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.5 การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.6 มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

2.7 ภาษาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.8 ความเป็นพลวัตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. กระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน หมายถึง การสอนโดยให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ในการแสวงหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่ม หรือมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบาย เพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ที่ครูให้ความสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยกำหนด ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นจุดประสงค์หนึ่งในการจัดการเรียนรู้ และออกแบบกิจกรรม ที่สาธิตหรือจำลองประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นๆ แล้วบ่งชี้และอภิปรายให้นักเรียนเห็น มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดกิจกรรม การเรียนรู้หรือภายหลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้กิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งมีการวัดและประเมินมุมมอง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้

แนวคิดเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หมายถึง ความคิดรวบยอดของนักเรียนเกี่ยวกับ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วย 4 แนวคิดหลัก คือ คลอโรพลาสต์และสารสี ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง และปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยวัดจากการตอบแบบวัดแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการอธิบาย ขยายความ และตีความเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้กรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman *et al.* (2002) ซึ่งประกอบด้วยด้านต่างๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน คือ ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกต ลงความเห็นและมีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านมิติทางสังคมและ วัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และด้านความเป็นพลวัตรของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดจากการตอบแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แปลมาจาก VNOS-C ของ Lederman *et al.* (2002)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบขัดแย้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาเป็นกรอบแนวทางการวิจัย โดยผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องและนำมาเรียบเรียงตามลำดับหัวข้อดังนี้

1. แนวคิด

- 1.1 ความหมายของแนวคิด
- 1.2 การสร้างแนวคิดและการสอนให้เกิดแนวคิด
- 1.3 แนวทางการวัดแนวคิด
- 1.4 การจัดกลุ่มแนวคิด
- 1.5 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

2. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์

- 2.1 ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.2 กรอบแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์
- 2.3 การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.4 การวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2.5 ความเข้าใจและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

- 3.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้
- 3.2 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

- 4.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
- 4.2 ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
- 4.3 ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

แนวคิด

1. ความหมายของแนวคิด

แนวคิด เป็นคำศัพท์บัญญัติที่ราชบัณฑิตยสถาน (2542) บัญญัติขึ้นใช้แทนคำภาษาอังกฤษ คือ Concept ซึ่งในภาษาไทยอาจใช้คำว่า ความคิดรวบยอด สังกัป มโนทัศน์ มโนคติหรือมโนคติ แต่งานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้คำว่า แนวคิด แทนคำว่า Concept ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้หลากหลาย ดังนี้

แนวคิด คือความเข้าใจหรือความคิดโดยสรุปของแต่ละบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเรา เป็นลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น หรือเป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น (ภพ เลหาไพบุลย์, 2540; สุวัฒน์ นิยมคำ, 2517) แนวคิด คือ ลักษณะร่วมของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เคยเกิดขึ้นหลายๆ ครั้ง เป็นการรวบรวมสิ่งที่คล้ายคลึงกันเข้ามารวมกันเป็นรูปแบบอันเดียวกัน เป็นคำจำกัดความของสิ่งนั้น (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2545; ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์, 2553; De-Cecco, 1968) แนวคิด คือประเภทหนึ่งของความรู้ (Knowledge) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของข้อเท็จจริง (Fact) ที่มีความหมาย โดยแต่ละแนวคิดจะมีลักษณะสำคัญที่ทำให้แนวคิดนั้นต่างจากแนวคิดอื่นๆ (ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง, 2551)

จะเห็นว่าการให้ความหมายของแนวคิดทั้งหมดมีความสอดคล้องกันในภาพรวม ผู้วิจัยจึงได้สรุปความหมายของแนวคิด ว่าเป็น ความคิดรวบยอดของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยรวบรวมข้อเท็จจริงที่คล้ายคลึงกันมาเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของความรู้ กลายเป็นภาพที่เกิดขึ้นในใจเราเมื่อกล่าวถึงสิ่งนั้น ซึ่งแนวคิดแต่ละแนวคิดจะมีลักษณะเฉพาะที่ทำให้แนวคิดนั้นแตกต่างจากแนวคิดอื่น

2. การสร้างแนวคิดและการสอนให้เกิดแนวคิด

การสร้างแนวคิดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคล ซึ่งทฤษฎีที่สามารถนำมาอธิบายการสร้างแนวคิดได้ คือ ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ รวมทั้งโครงสร้างทางปัญญาและความเชื่อที่ใช้ในการแปลความหมายเหตุการณ์และสิ่งต่างๆ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องจัดกระทำกับข้อมูล นอกจากกระบวนการเรียนรู้จะเป็นกระบวนการ

ปฏิสัมพันธ์ภายในสมองแล้ว ยังเป็นกระบวนการทางสังคมด้วย การสร้างความรู้จึงเป็นกระบวนการทั้งด้านสติปัญญาและสังคมควบคู่กันไป หลักการจัดการเรียนการสอนตามทฤษฎีนี้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ (process of knowledge construction) เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้นักเรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัว ไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย นักเรียนจะต้องเป็นผู้จัดการกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยการให้นักเรียนอยู่ในบริบทจริง (ทิสนา แคมมณี, 2552: 94) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าความรู้ไม่ใช่สิ่งคงที่ตายตัว แต่ถูกสร้างขึ้นมาในสมองของคนเรา โดยผ่านทางการกระทำ นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อพัฒนาสติปัญญาและแรงจูงใจหรือพลังที่จะสร้างสติปัญญาต้องมาจากตัวนักเรียนเอง (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540) โดยความรู้เป็นสิ่งชั่วคราว มีการพัฒนา ไม่เป็นปรนัยและถูกสร้างขึ้นมาในตัวคนโดยอาศัยสื่อกลางทางภาษาที่ใช้ในสังคมและวัฒนธรรม ซึ่งปัจจัยเกี่ยวกับตัวนักเรียนที่มีผลต่อการเกิดแนวคิด ได้แก่ ความพร้อมของนักเรียนทั้งทางกาย จิตใจและสติปัญญา ประสบการณ์เดิมของนักเรียนในเรื่องนั้นๆ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ในการเรียน วัย วุฒิภาวะ ความรู้ ประสบการณ์ และระดับความยากง่ายของแนวคิด (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525; วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540)

สำหรับการสอนให้เกิดแนวคิดได้นั้น จะเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจโดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเข้ากับความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ที่นักเรียนได้รับขณะที่เรียนรู้ โดยครูเป็นผู้จัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกเป็นนักคิดและนักปฏิบัติ จากการตั้งคำถามตอบคำถาม แก่ปัญหาต่างๆ จากการลงมือปฏิบัติ ซึ่งลักษณะการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้องควรมีลักษณะดังนี้ (Bruning, Schraw and Ronning, 1999)

1. ครูควรมีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งจะช่วยให้ครูเลือกวิธีสอนและอุปกรณ์ที่ใช้สอนได้อย่างเหมาะสม
2. ครูจัดการเรียนรู้ตามความรู้เดิมของนักเรียน โดยเริ่มจากความคิดของนักเรียนและสร้างประสบการณ์ที่เหมาะสมกับความรู้เดิมของนักเรียน
3. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ปฏิบัติ และพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิด

4. ครูควรใช้เวลาสำหรับการสร้างแนวคิดของนักเรียน ซึ่งการเกิดแนวคิดนั้นอาจเป็นกระบวนการระยะยาว นักเรียนต้องมีเวลาในการสร้างแนวคิดให้เกิดขึ้น ไม่ควรจัดการประเมินผลแนวคิดของนักเรียนในพื้นที่หลังจากจบการเรียนการสอน

5. ให้นักเรียนมีโอกาสดูโดยอาจใช้การสัมภาษณ์และใช้การถามคำถาม

ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับลักษณะดังกล่าวและสามารถสร้างและพัฒนาแนวคิดของนักเรียนได้ คือ การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ อาทิ อาทิทยา จิตรเอื้อเฟื้อ (2551) ในการเนื้อหาเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ไตรรัตน์ รัตนเดช (2551) ในเนื้อหาเรื่องการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จิตติมา ดมหอม (2553) ในเนื้อหาเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) ในเนื้อหาเรื่องระบบต่อมไร้ท่อของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นต้น จะเห็นได้ว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวมีผลในการพัฒนาแนวคิดในเนื้อหาชีววิทยาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5

กล่าวโดยสรุป การสร้างแนวคิดควรให้ความสำคัญกับการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้จัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้ฝึกเป็นนักคิดและนักปฏิบัติ จากการตั้งคำถาม ตอบคำถาม แก้ปัญหาต่างๆ จากการลงมือปฏิบัติ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่สามารถสร้างและพัฒนาแนวคิดของนักเรียนได้คือการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

3. แนวทางการวัดแนวคิด

การวัดแนวคิดเป็นวิธีที่ทำให้ทราบแนวคิดของนักเรียนว่าสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ สามารถทำได้หลายวิธี ทั้งใช้แบบสอบถาม แบบทดสอบ การสัมภาษณ์ และการใช้แบบทดสอบวัดแนวคิด ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นปรนัยแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก (multiple choice) ชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น (two-tier) และชนิดข้อคำถามปลายเปิด (open-end) ซึ่งมีผู้ให้ทัศนะไว้ว่า แม้ว่าข้อสอบแบบปรนัยจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ได้แทนวิธีการสัมภาษณ์ แต่ในขณะเดียวกัน ข้อสอบแบบปรนัยก็มีข้อจำกัด เช่น ข้อสอบแบบปรนัยแม้จะสามารถ

ออกข้อสอบได้อย่างครอบคลุมเนื้อหาแต่ทำได้เพียงในระดับต้นเท่านั้น โอกาสในการเดาคำตอบทำได้ง่าย (สสวท., 2531) นอกจากนี้ การใช้แบบทดสอบปรนัยยังมีข้อจำกัดในการตัดสินความมีเหตุผลของนักเรียนในการเลือกคำตอบแต่ละข้อ จึงทำให้ปัญหาในการเดาที่เกิดขึ้นกับแบบสอบปรนัยเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การให้นักเรียนเขียนเหตุผลประกอบในการเลือกคำตอบนั้นจะช่วยลดการเดาคำตอบของนักเรียนลงไปได้ (โสภภาพรณ แสงศัพท์, 2538) ดังนั้นในการวัดแนวคิดของนักเรียนจึงควรมีแบบทดสอบอัตนัยแทรกเข้าไป เพื่อให้นักเรียนฝึกทักษะการเขียนเหตุผลอธิบายและคิดหาเหตุผลในการตอบคำถาม ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่านักเรียนมีแนวคิดในเรื่องนั้นอย่างไร (คชานน สุวรรณพันธ์, 2543)

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการสำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงพบว่าแบบวัดแนวคิดส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น (two-tier) โดยส่วนแรกจะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ ส่วนที่ 2 จะเป็นการให้เหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกไว้ในตอนแรก โดยมีทั้งแบบที่มีตัวเลือกมาให้แล้วสามารถให้เหตุผลเพิ่มเติมได้หากตัวเลือกที่มียังให้เหตุผลไม่ถูกต้องตามที่นักเรียนคิดไว้ เช่น แบบวัดแนวคิด “What do you know about photosynthesis and respiration in plants” ในงานวิจัยของ Sachadecha (2009) ที่ปรับปรุงมาจาก Haslam and Treagust (1987) ส่วนอีกแบบเป็นการให้นักเรียนเขียนอธิบายเหตุผลด้วยตนเอง เช่น แบบวัดความเข้าใจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของพิชา ชัยจันดี (2552) ที่ปรับปรุงมาจาก PCT (Photosynthesis Concept Test) ของ Wandersee (1985) หรือมีทั้งชนิดข้อคำถาม 2 ชั้นและข้อคำถามปลายเปิดรวมอยู่ด้วยกัน เช่น แบบวัดแนวคิด Photosynthesis Survey ในงานวิจัยของ Kijkuakul (2006)

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดแนวคิดที่หลากหลายมีทั้งแบบเขียนตอบวาดภาพประกอบคำบรรยาย และแบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับปรุงจากข้อคำถามในงานวิจัยของ Kijkuakul (2006) และพิชา ชัยจันดี (2552) โดยเปรียบเทียบเนื้อหาตามมาตรฐานการจัดการเรียนการสอน แบบเรียนและคู่มือครูวิชาชีววิทยาของ สสวท.

4. การจัดกลุ่มแนวคิด

ในการศึกษาแนวคิดของนักเรียน เมื่อได้คำตอบจากแบบวัดแนวคิดส่วนใหญ่จะวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดกลุ่มแนวคิด ซึ่งนักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศหลายท่าน ได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้ต่างกัน สรุปได้ 3 รูปแบบคือ

4.1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม (Haidar and Abraham, 1991; Brickhouse *et al.*, 2000) กำหนดแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

4.1.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

4.1.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์

4.1.3 แนวคิดจำกัด (Limited Understanding) หมายถึง คำตอบที่มีบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4.1.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misunderstanding หรือ Do not understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้นๆ หรือไม่ตอบคำถาม

4.2 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม (สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม, 2547; Simpson and Marek, 1988; Westbrook and Marek, 1992; Lumpe and Staver, 1995; Haidar, 1997) กำหนดแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

4.2.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding หรือ Complete Understanding) หมายถึง คำตอบแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

4.2.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่มีคำตอบที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

4.2.3 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception หรือ Partial Understanding with Misunderstanding หรือ Partial Understanding with Specific Alternative Conception) หมายถึง คำตอบบางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดคลาดเคลื่อน

4.2.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Misunderstanding หรือ Specific Misconception หรือ Complete Misunderstanding หรือ Non-specific understanding หรือ Alternative Conception) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4.2.5 ไม่เข้าใจแนวคิด (No understanding หรือ No Conception หรือ No Answer หรือ Without Answer) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ หรือไม่ตอบ

4.3 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม (Abraham *et al.*, 1992) มีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

4.3.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

4.3.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบอย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่มีคำตอบที่แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

4.3.3 แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดคลาดเคลื่อน

4.3.4 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4.3.5 ไม่เข้าใจแนวคิด (No Understanding) หมายถึง ตอบทวนคำถาม ตอบไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม หรือไม่เขียนอธิบายเหตุผล

4.3.6 ไม่มีแนวคิด (No Response) หมายถึง ไม่เขียนคำตอบ หรือตอบว่าไม่ทราบ

จากการกำหนดแนวทางการจัดกลุ่มทั้ง 3 รูปแบบจะเห็นได้ว่ามีความสอดคล้องกัน เพียงแต่แบ่งรายละเอียดของแนวคิดคลาดเคลื่อน การไม่ตอบคำถาม ตอบไม่ตรงคำถาม หรือไม่ตอบว่าจัดอยู่กลุ่มเดียวกันหรือไม่ ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม

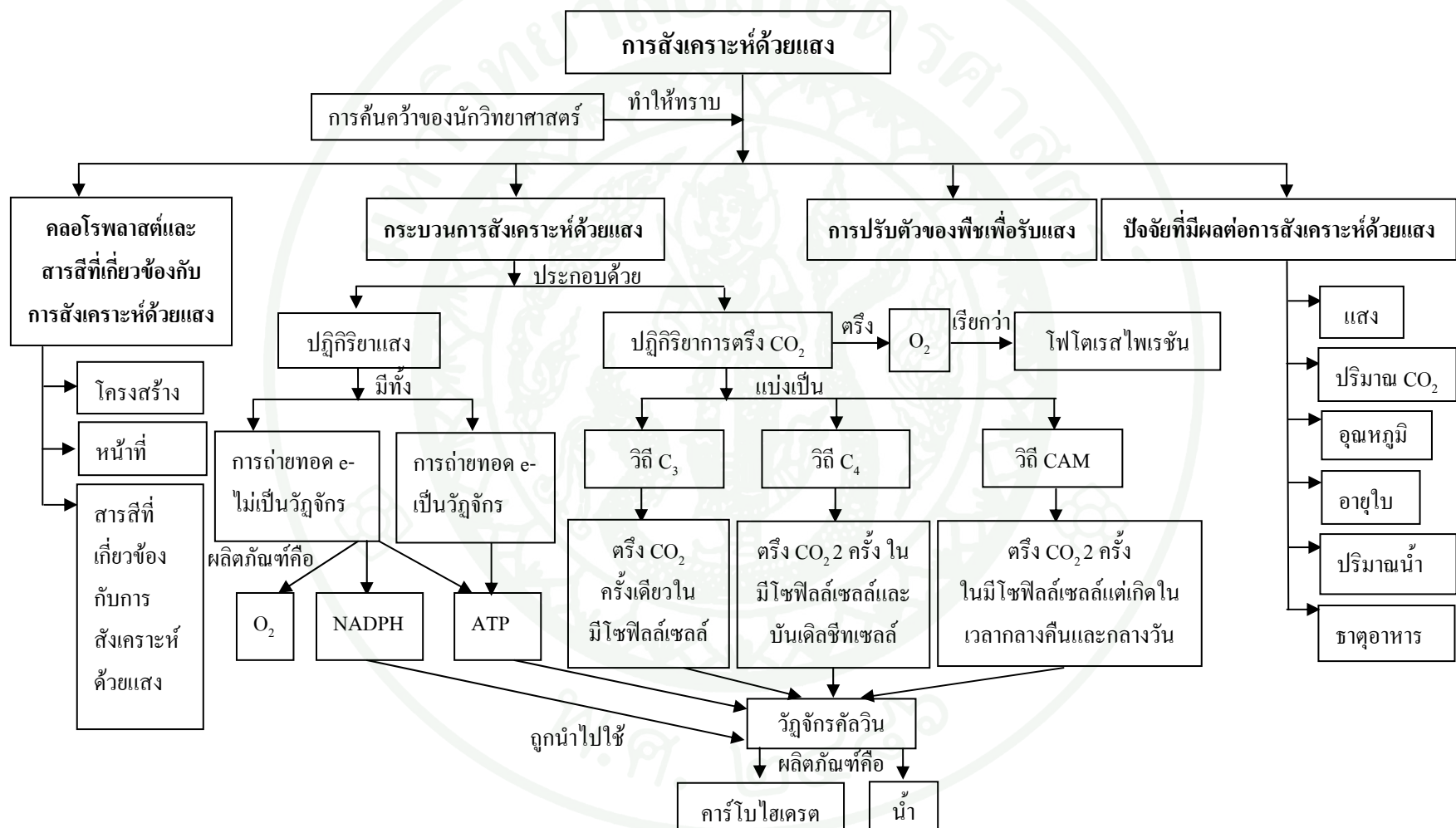
เนื่องจากการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม แยกกลุ่มไม่มีแนวคิดหรือไม่มีคำตอบออกจากกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อน ซึ่งผู้วิจัยเห็นด้วยที่ควรแยก 2 กลุ่มนี้ออกจากกัน เพราะการที่นักเรียนไม่ตอบคำถามนั้น ไม่ได้หมายความว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องนั้น แต่สำหรับนักเรียนที่ตอบไม่ตรงคำถาม ไม่ตอบ หรือตอบว่าไม่ทราบนั้นสามารถจัดอยู่กลุ่มเดียวกันได้คือกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด

5. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นแนวคิดที่ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงระดับอุดมศึกษา ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ถูกจัดอยู่ในสาระเพิ่มเติมสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ โดยมีกรอบเนื้อหาประกอบด้วย 4 แนวคิดหลัก คือ

1. คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์
 - 1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์
 - 1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 2.1 ปฏิกริยาแสง
 - 2.2 ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์
 - 2.2.1 ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3
 - 2.2.2 ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4
 - 2.2.3 ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM
 - 2.3 โฟโตเรสไพเรชัน
3. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง
4. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 4.1 แสงและความเข้มของแสง
 - 4.2 คาร์บอนไดออกไซด์
 - 4.3 อุณหภูมิ
 - 4.4 อายุใบ
 - 4.5 ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ
 - 4.6 ธาตุอาหาร

โดยมีกรอบเนื้อหาดังแผนผังแนวคิดต่อไปนี้ (ภาพที่ 1)



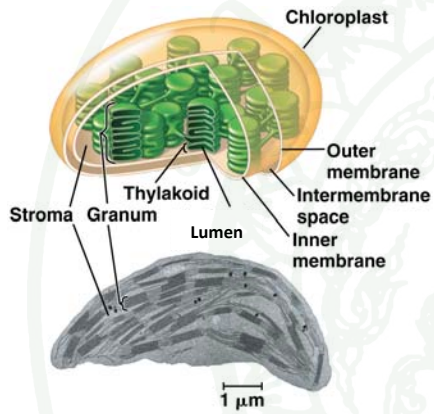
ภาพที่ 1 แผนผังแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากแผนผังแนวคิด จะเห็นได้ว่าแต่ละแนวคิดมีความสัมพันธ์กันคือ เริ่มจากนักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของออร์แกเนลล์สำคัญในเซลล์ที่จะเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นั่นคือ คลอโรพลาสต์ รวมไปถึงสารสีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่อยู่ในคลอโรพลาสต์ เมื่อทราบโครงสร้างแล้วนักเรียนจะได้ศึกษาว่าพืชมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในโครงสร้างนั้นอย่างไร ซึ่งกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเป็นลำดับขั้นตอน โดยเริ่มจากปฏิกิริยาแสงซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาแสงจะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป โดยพืชแต่ละชนิดมีปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM แต่อย่างไรก็ดี ทุกกลุ่มจะได้ผลิตภัณฑ์ออกมาเหมือนกันคือ สารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและน้ำ ส่วนออกซิเจนเป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยาแสง นอกจากนี้ หากพืชไม่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้พืชจะมีการปรับตัวโดยการตรึงออกซิเจนแทนเรียกว่าโฟโตเรสไพเรชัน รวมถึงนักเรียนจะได้เรียนการปรับตัวทางสรีรวิทยาอื่นๆ ของพืชเพื่อรับแสง และสุดท้ายนักเรียนจะได้ศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีผลกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช สำหรับขอบเขตเนื้อหาของแต่ละแนวคิดแสดงในตารางที่ 1 (สสวท. และกระทรวงศึกษาธิการ, 2554) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษางานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งจากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญมากที่ควรทราบเพื่อนำไปพัฒนาการสอนไม่ให้นักเรียนของตนเองเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนดังกล่าว และสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาช่วยในการออกแบบแผนการสอนและการสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกด้วย

ตารางที่ 1 แนวคิดวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ข้อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
1. คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง		
1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้นในคลอโรพลาสต์ คลอโรพลาสต์เป็นออร์แกเนลล์ที่มีรูปร่างกลมรี มีเยื่อหุ้ม (membrane) 2 ชั้น คือ เยื่อหุ้มชั้นนอก (outer membrane) และเยื่อหุ้มชั้นใน (inner membrane) ภายในคลอโรพลาสต์บรรจุของเหลว เรียกว่า สโตรมา (stroma) และยังมีเยื่ออีกระบบหนึ่งซึ่งไม่ได้มีความต่อเนื่องกับส่วนที่เป็นเยื่อหุ้มของคลอโรพลาสต์ เรียกว่า เยื่อไทลาคอยด์ (thylakoid membrane) บางส่วนจะมีการพับตัวเป็นถุงซ้อนกันเป็นชั้นๆ เรียกว่า กรานุม (granum: พหูพจน์เรียกว่า grana) ภายในมีลักษณะคล้ายถุงมีช่องเรียกว่า ลูเมน (lumen) ซึ่งมีของเหลวที่ประกอบ ด้วยเอนไซม์ต่างๆ อยู่ภายใน เยื่อไทลาคอยด์ที่ไม่พับซ้อนกันและอยู่ระหว่างกรานุม เรียกว่า สโตรมาลามัลลา (stroma lamella) (ภาพที่ 2)	- คลอโรพลาสต์มีเฉพาะคลอโรฟิลล์บรรจุอยู่ (Kijkuakul, 2006)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	 ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ ที่มา: Reece <i>et al.</i> (2011: 232)	
1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์	คลอโรพลาสต์มีหน้าที่ในกระบวนการสร้างอาหารของพืช โดยมีสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthetic pigment) อยู่บนเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการดูดซับพลังงานแสงมาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ในช่วงปฏิกิริยาแสง (light reaction) ส่วนในสโตรมาจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂ fixation)	- คลอโรฟิลล์ที่อยู่บนเยื่อของคลอโรพลาสต์ทำหน้าที่ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Kijkuakul, 2006)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	เป็นโมเลกุลที่มีความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงในปฏิกิริยาแสงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถแบ่งเป็น 3 ประเภทตามลักษณะโครงสร้างโมเลกุล คือคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) ไฟโคบิลิน (Phycobilin) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid) โดยสารสีที่สำคัญ คือ คลอโรฟิลล์ เนื่องจากสามารถนำพลังงานแสงที่รับเปลี่ยนให้เป็นพลังงานเคมีไปใช้ได้โดยตรง แต่สารสีอื่น ไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรงต้องถ่ายทอดพลังงานให้กับคลอโรฟิลล์เอ ชนิดพิเศษ หรือ ศูนย์กลางปฏิกิริยา (Reaction center) อีกทอดหนึ่งจึงสามารถนำพลังงานแสงไปใช้ได้ - คลอโรฟิลล์มีการสร้างและสลายตลอดเวลา ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอายุใบ ความเข้มของแสง และอุณหภูมิ ซึ่งหากพืชมีคลอโรฟิลล์ลดลงจะทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย - พืชทุกชนิดและสาหร่าย รวมทั้งแบคทีเรียบางชนิดสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากมีสารสีที่สามารถดูดซับพลังงานแสงได้ - แสงสีที่สารสีพวกคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ดูดกลืนได้ดีที่สุดคือแสงสีน้ำเงินและสีแดง ส่วนแสงสีที่ดูดกลืนได้น้อยที่สุดคือ แสงสีเขียว	- คลอโรฟิลล์ทำหน้าที่เช่นเดียวกับคลอโรพลาสต์ (Kijkuakul, 2006) - สารสีมีหน้าที่ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Kijkuakul, 2006) - การสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้พืชมีสีเขียว (Lumpe and Staver, 1995) - เมื่อให้แสงสีเขียวกับพืช พืชจะเจริญเติบโตมากกว่าปกติ เพราะพืชเจริญเติบโตได้ดีในแสงสีเขียว (สิริรัตน์ สุขทิพย์, 2543) - แสงสีต่างๆ ไม่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง (ทวีเดช แสนชนม, 2540) - พืชบางชนิดมีรงควัตถุอื่นที่ไม่ใช่คลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นพืชบางชนิดไม่จำเป็นต้องมีสีเขียวก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (ทวีเดช แสนชนม, 2540; นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543; สิริรัตน์ สุขทิพย์, 2543) - พืชสามารถใช้แคโรทีนอยด์แทนคลอโรฟิลล์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543; สิริรัตน์ สุขทิพย์, 2543) - พืชต้องการแสงหลายๆ สีในปริมาณที่เท่ากันในการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นเมื่อให้เฉพาะแสงสีเขียวทำให้พืชเจริญเติบโตช้า (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543) - แสงสีเขียวมีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสงสีอื่น ทำให้พืชไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543) - คลอโรฟิลล์ให้พลังงานในการสังเคราะห์แสง (Kijkuakul, 2006)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	เป็นกระบวนการที่พืชและสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น โดยใช้พลังงานแสงสร้างสารอินทรีย์ จากสารอนินทรีย์ คือ สร้างคาร์โบไฮเดรต จาก CO₂ และน้ำ และยังสามารถแก๊สออกซิเจนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ดังสมการ $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{พลังงานแสง}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	- คลอโรฟิลล์ร่วมกับ CO₂ ในขณะที่พืชได้รับแสง และสร้างกลูโคสและพลังงาน (Sachadecha, 2009) - การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการแลกเปลี่ยนสารอาหารของพืช (นันทรัตน์ และ คณะ, 2549) - กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างง่ายในพืช (Lumpe and Staver, 1995) - กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นการหายใจของพืช (Barker, 1985; Lumpe, A. T. and Staver J.R., 1995; Pedro Canal, 1999 อ้างใน Sachadecha, 2009; Kose, 2008) - พืชใช้ออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ทวีเดช แสนชนม์, 2540) - แสงและคลอโรฟิลล์ที่อยู่บนและล่างลูกศรในสมการสังเคราะห์แสงทำหน้าที่เหมือนกัน (Kijkuakul, 2006) - กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชมี 2 แบบคือ การสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน เรียก light reaction กับแบบที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เรียก dark reaction (Kijkuakul, 2006)
2.1 ปฏิกิริยาแสง	เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีในสารอินทรีย์ที่มีระดับพลังงานสูง 2 ชนิด คือ ATP และ NADPH และผลิตภัณฑ์คือแก๊สออกซิเจน ซึ่งได้มาจากการแตกตัวของน้ำ โดยขั้นตอนนี้เกิดที่เยื่อไทลาคอยด์	- แสงทำให้คลอโรฟิลล์หรือคลอโรพลาสต์แตกตัว (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) - แสงทำให้ ADP รวมกับ Pi เกิดเป็น ATP (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532)

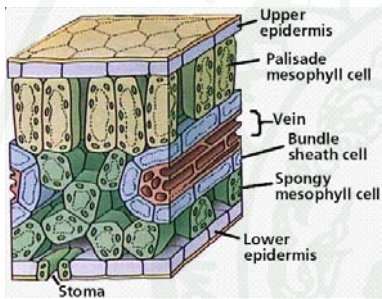
ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	- ที่เชื่อไทลาคอยด์มีระบบแสง 2 ระบบ คือ Photosystem I (PS-I) และ Photosystem II (PS-II) ที่จะทำหน้าที่ดูดกลืนแสงและถ่ายทอดอิเล็กตรอนให้กับตัวรับอิเล็กตรอน เป็นการเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมี โดย น้ำจะถูกออกซิไดซ์โดยแสง ให้อิเล็กตรอน โปรตอนและออกซิเจน โดยอิเล็กตรอนถูกส่งต่อไปยัง PS-II ซึ่งให้อิเล็กตรอนไปกับตัวรับอิเล็กตรอนและ PS-I ตามลำดับ และมี NADP^+ มารับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายได้เป็น NADPH ส่วนโปรตอนที่จะสะสมอยู่ในลูเมนจะทำให้เกิดโปรตอนเกรเดียนต์และถูกส่งผ่านไปยัง stroma โดยการทำงานของ ATP synthase ทำให้มีการสังเคราะห์ ATP ขึ้น สำหรับออกซิเจนจะถูกนำมาใช้ในการหายใจในเซลล์ ซึ่งเมื่อมีมากเกินไปความต้องการของเซลล์จะถูกนำออกจากใบสู่บรรยากาศผ่านทางปากใบ (stoma)	- O_2 เปลี่ยนแปลงมาจาก CO_2 และ C ใช้สร้างอาหารของพืช (Baker, 1985; Kijkuakul, 2006) - O_2 เกิดจากแสงแยก CO_2 ออกมาเป็น C และ O_2 แล้ว C จะไปรวมกับ H_2O เป็น $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) - H_2O ทำปฏิกิริยากับ CO_2 โดยตรงได้ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ชูตากม, 2547) - น้ำแตกตัวได้ H_2 และ O_2 แล้ว H_2 จะไปรวมกับ CO_2 เป็น $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ส่วน O_2 ปล่อยออกสู่บรรยากาศ (สิรินภา กิจเกื้อกูล และนฤมล ชูตากม, 2547)
2.2 ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	เป็นกระบวนการที่เปลี่ยนคาร์บอนที่อยู่ในรูปของสารอินทรีย์ (CO_2) ให้มาอยู่ในรูปของคาร์บอนในสารอินทรีย์ (น้ำตาล) โดยอาศัย ATP และ NADPH ที่ได้จาก light reaction กระบวนการนี้เกิดขึ้นหลายขั้นตอนและเป็นวัฏจักร เรียกว่าวัฏจักรคัลวิน (Calvin cycle) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ นอกจากนี้ยังพบว่าแสงมีอิทธิพลโดยอ้อมในกระบวนการนี้โดยแสงมีส่วนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดในวัฏจักรคัลวิน	- พืชทุกชนิดมีการตรึงคาร์บอนเหมือนกัน (Kijkuakul, 2006) - ผลของปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงได้ O_2 หรือให้ ATP และ O_2 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) - ผลผลิตจากปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงได้ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ และ O_2 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2532) - CO_2 ถูกใช้ในการหายใจซึ่งเกิดในพืชที่มีสีเขียวเท่านั้น เกิดในขณะที่ไม่มีการสังเคราะห์แสงเพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Sachadecha, 2009) - ช่วงที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจะสร้างแป้งและเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลในตอนกลางคืน (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543)

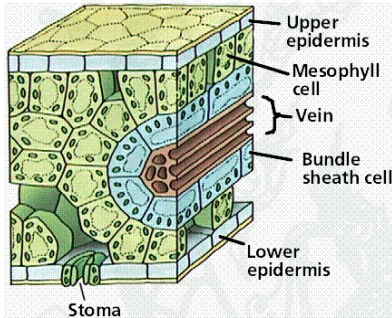
ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
		- เมื่อพืชได้รับแสงในระดับที่พืชสามารถสร้างผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาแสงได้แล้ว พืชก็ไม่จำเป็นต้องได้รับแสงเพื่อการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงต่อไป (สิรินภา กิจเกื้อกูล และนฤมล ชูตาคม, 2547) - พืชใช้ CO_2 เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง (Kijkuakul, 2006) - CO_2 ถูกตรึงใน light phase มากกว่าใน dark phase (Kijkuakul, 2006)
2.2.1 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ตามวิถี C_3	มีการตรึง CO_2 ครั้งเดียวจากอากาศโดยตรงด้วย Calvin cycle ในเซลล์มีโซฟิลล์ สารประกอบคงตัวชนิดแรกที่ได้จากปฏิกิริยาการตรึง CO_2 เป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม (PGA) เรียกพืชที่มีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า พืช C_3 - โครงสร้างใบของพืช C_3 ที่สำคัญประกอบด้วยเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีคลอโรพลาสต์สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง อาจมีหรือไม่มีบันเดิลชีทรอบท่อลำเลียง หากมีจะไม่มีคลอโรพลาสต์ (ภาพที่ 3) - พืช C_3 ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น	- นักเรียนอธิบายไม่ได้ว่าโครงสร้างของเนื้อเยื่อใบที่ต่างกันสัมพันธ์กับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อย่างไร (Kijkuakul, 2006) - นักเรียนคิดว่าพืช C_3 มีคลอโรพลาสต์ในเซลล์มีโซฟิลล์อย่างเดียว ทำให้ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าพืช C_4 ที่มีคลอโรพลาสต์ในมีโซฟิลล์และบันเดิลชีท (Kijkuakul, 2006)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	 ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างใบของพืช C_3 ที่มา: Purves <i>et al.</i> (1995)	
2.2.2 ปฏิกิริยา การตรึงคาร์บอน ไดออกไซด์ตามวิถี C_4	มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง ครั้งแรกตรึงโดย PEP ในเซลล์มีโซฟิลล์ ทำให้ได้สารประกอบกรดตัวชนิดแรกจากปฏิกิริยาการตรึง CO_2 ที่มีคาร์บอน 4 อะตอม (OAA) ครั้งที่ 2 ตรึงโดย RuBP ในวัฏจักรคัลวิน ในเซลล์บันเดิลชีท เรียกพืชที่มีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า พืช C_4 - การตรึง CO_2 ของพืช C_4 ช่วยทำให้พืชซึ่งอาจรับ CO_2 จากบรรยากาศได้น้อย สามารถเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ในบันเดิลชีทได้มากขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาการตรึง O_2 โดย RuBP เกิดได้น้อยลง พืช C_4 จึงเกิดโฟโตเรสไพเรชันน้อยมากจนวัดไม่ได้ในสภาวะปกติ - โครงสร้างใบของพืช C_4 ที่สำคัญคือ นอกจากเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีคลอโรพลาสต์แล้ว	- นักเรียนคิดว่าพืช C_3 มีคลอโรพลาสต์ในเซลล์มีโซฟิลล์อย่างเดียว ทำให้ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยกว่าพืช C_4 ที่มีคลอโรฟิลล์ในมีโซฟิลล์และบันเดิลชีท (Kijkuakul, 2006)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	ยังพบคลอโรพลาสต์ในเซลล์บันเดิลชีทที่อยู่รอบท่อลำเลียงอีกด้วย (ภาพที่ 4) - พืช C_4 ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน	
		
	ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างใบของพืช C_4 ที่มา: Purves <i>et al.</i> (1995)	
2.2.3. ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM	มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง โดยเซลล์มีโซฟิลล์ ครั้งแรกตรึงโดย PEP ในเวลากลางคืน สังเคราะห์เป็นกรดมาลิกเก็บไว้ในแวคิวโอล ครั้งที่ 2 ตรึงโดย RuBP ในวัฏจักรคัลวินในเวลากลางวัน พืชที่มีกลไกแบบนี้เรียกว่า พืช CAM - กลไกนี้ทำให้พืช CAM มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำในการตรึง CO_2 สูงกว่าพืช C_3 และ C_4 มาก นั่นคือมีการสูญเสียน้ำต่อการตรึง CO_2 1 กรัม น้อยกว่าพืช C_3 และ C_4 มาก นอกจากนี้เนื่องจากการปิดปากใบในเวลากลางวันทำให้ CO_2 แพร่ออกนอกใบ	พืช CAM คือพืชที่พบอยู่ในทะเลทรายเท่านั้น (ประสบการณ์สอน)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	ได้ยาก ความเข้มข้นของ CO_2 ในเซลล์สูง อัตราโฟโตเรสไพเรชันจึงลดลงอย่างมาก จึงทำให้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืชทั่วไป - โครงสร้างใบของพืชกลุ่มนี้คล้ายกับพืช C_3 - พืช CAM เช่น กระบองเพชร กล้ายไม้บางชนิด สับปะรด เป็นต้น	
2.3 โฟโตเรสไพเรชัน	- เป็นกระบวนการที่พืชตรึง O_2 และปลดปล่อย CO_2 ในขณะที่ได้รับแสง มีผลทำให้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชหลายชนิดลดลง โดยเฉพาะในพืชที่มีการตรึง CO_2 จากอากาศโดยตรงด้วยวัฏจักรคัลวิน (พืช C_3) ถึงแม้ว่ากระบวนการนี้มีผลทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง แต่ก็สามารถช่วยป้องกันความเสียหายให้แก่ระบบการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพืชอยู่ในสภาพที่ได้รับแสงมากและมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์น้อย ซึ่งจะช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระที่เกิดจากการ รั่วอิเล็กตรอนของออกซิเจน	- ออกซิเจนคือผลพลอยได้ที่ไม่ใช้วัตถุประสงค์ของการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น ออกซิเจนจึงไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม, 2547) - กระบวนการนี้ทำให้นักเรียนสับสนระหว่างการสังเคราะห์แสงและการหายใจ (Kijkuakul, 2006)
3. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	พืชมีการปรับตัวเพื่อให้เหมาะสมต่อการรับแสง เช่น - ปรับโครงสร้างของใบ โดยในสภาพแวดล้อมที่มีแสงมาก อาจมีขนและ กิวติเคิล เพื่อช่วยในการสะท้อนแสงและลดการดูดซับแสง - การควบคุมการรับแสงของใบพืช เช่น การเคลื่อนที่ของคลอโรพลาสต์ในเซลล์ การเคลื่อนไหวของใบและการปรับตำแหน่งแผ่นใบเพื่อรับแสงตามความต้องการของพืช	พืชที่อยู่ในที่ที่ได้รับแสงมากจะมีใบบางลงเพื่อรับแสงได้เต็มที่ (ประสบการณ์สอน)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
	- การปรับตัวของพืชให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของแสง โดยในบริเวณที่มีความเข้มของแสงสูงจะมีความหนาของใบมากแต่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำและพื้นที่ใบลดลง - การจัดเรียงใบของพืชและการแข่งขันกันเพื่อรับแสงของพืชที่ขึ้นในบริเวณเดียวกัน โดยพืชยืนต้นที่มีการแตกกิ่งก้านสาขามากๆ ช่วยเพิ่มความสามารถในการรับแสงได้มากขึ้น	
4. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง		
4.1 แสงและความเข้มของแสง	พืชโดยทั่วไปเมื่อความเข้มของแสงมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวของแสง	- ปริมาณแสงไม่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Sachadecha, 2009)
4.2 คาร์บอนไดออกไซด์	พืชโดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของ CO ₂ มาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมากขึ้นจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวของ CO ₂	- ปริมาณ CO₂ ไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (Sachadecha, 2009) - เมื่อเพิ่ม CO₂ ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็ว เนื่องจากทำให้พืชผลิตพลังงานได้มากขึ้น (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543) - เมื่อเพิ่ม CO₂ พืชสามารถใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ใน CO₂ ในการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชจึงเจริญเติบโตได้เร็ว (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชื่อแนวคิด	แนวคิดทางวิทยาศาสตร์	แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
4.3 อุณหภูมิ	อุณหภูมิที่ต่างกันมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง อุณหภูมิที่เหมาะสมจะทำให้ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลต่ออัตราโฟโตเรส ไพแรชันที่สูงขึ้น การสูญเสียสมบัติการเป็นเชื้อเลือกผ่านของออร์แกเนลล์ต่างๆ และการเสียสภาพของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	
4.4 อายุใบ	ใบพืชที่อ่อนหรือแก่เกินไปจะมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่า พืชที่เจริญเติบโตเต็มที่ เพราะใบพืชที่อ่อนเกินไปพัฒนาการของคลอโรพลาสต์ ยังเจริญไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไปจะมีการสลายของกรานุม	- จำนวนใบไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Kijkuakul, 2006) - จำนวนคลอโรพลาสต์ไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (Kijkuakul, 2006)
4.5 ปริมาณน้ำที่ พืชได้รับ	อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะสูงเมื่อปริมาณน้ำในดินไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้าในดินน้อยเกินไป ปากใบจะปิด แต่ถ้าในดินมากเกินไปรากพืชจะขาด ออกซิเจนทำให้ดูดธาตุอาหารได้น้อยลง	
4.6 ธาตุอาหาร	ธาตุอาหารหลายชนิด เช่น แมกนีเซียม ไนโตรเจน เหล็ก แมงกานีส และคลอรีน จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การขาดธาตุเหล่านี้จึงมีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงด้วย	แร่ธาตุไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม, 2547)

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแนวคิดหลักและแนวคิดย่อย เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงทุกแนวคิด และมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่หลากหลาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่ครูควรรู้และทำความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อนก่อนเรียนของนักเรียน เพื่อนำมาออกแบบ การเรียนการสอนให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ให้ความหมายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายความหมาย ดังนี้ ความหมายแรก ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หมายถึง การศึกษาลักษณะทางสังคมวิทยา ของวิทยาศาสตร์ และญาณวิทยาหรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้การพัฒนาความรู้ รวมทั้งค่านิยม และความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ เพื่ออธิบายว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร มีการทำงานอย่างไร สังคม มีปฏิสัมพันธ์อย่างไรต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจ เกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ (McComas, 2000 และ Lederman *et al.*, 2002) ความหมายที่สอง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ ข้อตกลงเบื้องต้น เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแทนของลักษณะ เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ว่าวิทยาศาสตร์ทำงานอย่างไร แตกต่างจากศาสตร์สาขาอื่นอย่างไร นักวิทยาศาสตร์ทำอะไรให้กับสังคม และวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสังคมอย่างไร (Meesee, 2007 และ Promkatkeaw, 2007)

จากความหมายข้างต้น จะเห็นได้ว่า นักวิทยาศาสตร์ศึกษามีมุมมองที่แตกต่างกันเกี่ยวกับ คำจำกัดความของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดพบว่า มีหลายประเด็น ที่สอดคล้องกัน ผู้วิจัยจึงขอสรุปความหมายของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์คือ ลักษณะเฉพาะของ วิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานการศึกษาทางสังคมวิทยาทางวิทยาศาสตร์ ญาณวิทยา รวมถึงค่านิยมและ ความเชื่อที่มีอยู่ในองค์ความรู้ซึ่งจะช่วยให้บุคคลสามารถตัดสินใจเกี่ยวกับความสมเหตุสมผลและ ประโยชน์ของความรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้

2. กรอบแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและหน่วยงานต่างๆ ทางการศึกษาได้กำหนดกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งกรอบแนวคิดที่จะกล่าวต่อไปนี้ล้วนเป็นกรอบแนวคิดที่ได้รับการยอมรับจากมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ว่าสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ ดังนี้

AAAS (2009) อธิบายถึงกรอบแนวคิดของวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ด้าน คือ

ด้านที่ 1 โลกในมุมมองแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific Worldview) เป็นความเชื่อ มุมมอง ข้อตกลงพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์มีหรือสร้างขึ้นเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติ ได้แก่ มนุษย์สามารถทำความเข้าใจและอธิบายธรรมชาติได้ (The World is Understandable) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Scientific Ideas are Subject to Change) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนในช่วงเวลาหนึ่ง (Scientific Knowledge is Durable) และวิทยาศาสตร์ไม่สามารถตอบได้ทุกคำถาม (Science cannot Provide Complete Answers to All Question)

ด้านที่ 2 การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความซับซ้อนมากกว่าที่หลายคนคิด การสืบเสาะหาความรู้มีความหมายโดยนัยมากกว่าการสังเกตอย่างละเอียดแล้วจัดกระทำข้อมูลเป็นลำดับขั้นที่ตายตัว การสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยการให้เหตุผลเชิงตรรกะ (Logic) ข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) จินตนาการ (Imagination) และการคิดสร้างสรรค์ (Inventiveness) ประกอบด้วยประเด็นต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ให้คำอธิบายและการทำนาย (Science Explains and Predicts) นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะระบุและหลีกเลี่ยงอคติ (Scientists Try to Identify and Avoid Bias) และไม่มีเผด็จการทางความคิดในประชาคมนักวิทยาศาสตร์ (Science is not Authoritarian)

ด้านที่ 3 องค์การทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Enterprise) กล่าวถึงกิจกรรมและลักษณะการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิทยาศาสตร์คือกิจกรรมทางสังคมที่มีความซับซ้อน (Science is Complex Social Activity) วิทยาศาสตร์แตกแขนงเป็นสาขาต่างๆ และมีการดำเนินการในหลายองค์กร (Science is Organized into Content Disciplines and is Conducted in Various Institutions) วิทยาศาสตร์มีหลักการทางจริยธรรมในการดำเนินการ (There are Generally Accepted Ethical Principles in the Conduct of Science) และนักวิทยาศาสตร์เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมในฐานะ

ผู้เชี่ยวชาญและประชาชนคนหนึ่ง (Scientists Participate in Public Affairs Both as Specialists and as Citizens)

นอกจากนี้ Lederman *et al.* (2002) ได้อธิบายถึงกรอบแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับ AAAS (2009) โดยเสนอไว้ 8 ประเด็นด้วยกัน คือ

1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Empirical Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งมีหลักฐานที่ตรวจสอบได้
2. การสังเกต ลงความเห็น และความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (Observations, Inference and Theoretical Entities in Science) วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ข้อมูลจากการสังเกตเป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือผ่านเครื่องมือ การลงความเห็นเป็นการแปลความจากการสังเกตเหล่านั้น ความเชื่อที่ได้รับการยอมรับในประชาม นักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน ความเชื่อนี้เป็นตัวกำกับการสังเกตและการลงความเห็น มุมมองจากหลาย ๆ แหล่งจะช่วยให้การแปลความจากการสังเกตนั้นถูกต้องมากขึ้น ความเข้าใจความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นจะทำให้เข้าใจความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม
3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Theories and Laws) ทฤษฎีและกฎเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์คนละประเภทกัน กฎ (law) คือข้อสรุปทั่วไปเป็นการบรรยายรูปแบบ หรือแนวโน้มข้อเท็จจริงในธรรมชาติ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้ หรือสิ่งที่สามารถรับรู้ได้ในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎี (theory) คือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและกลไกที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์นั้นในธรรมชาติ สมมุติฐานทางวิทยาศาสตร์อาจนำไปสู่กฎหรือทฤษฎีก็ได้ โดยการสะสมหลักฐานที่เป็นข้อสนับสนุน ทฤษฎีไม่ได้พัฒนาไปเป็นกฎ เช่นเดียวกับกฎก็ไม่ได้พัฒนาไปเป็นทฤษฎี ทั้งสองเป็นประเภทขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน
4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Creative and Imaginative Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกสร้างมาจากจินตนาการ

ของมนุษย์และการใช้เหตุผลเชิงตรรกะ การสร้างสรรค์นี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตและการลงความเห็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถเฉพาะตัวของมนุษย์แต่ละคน ทำให้การแปลความหมายสิ่งเดียวกันของแต่ละคนแตกต่างกัน นักวิทยาศาสตร์ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของกระบวนการหาความรู้ ไม่ว่าจะเป็นการตั้งคำถาม ออกแบบการหาคำตอบ การทดลอง ไปจนถึงการวิเคราะห์ข้อมูล

5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Theory-Laden Nature of Scientific Knowledge) วิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลและถูกขับเคลื่อนโดยทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้รับการยอมรับในเวลาใดเวลาหนึ่ง ทำให้วิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปภายใต้กรอบแนวคิดเดิมเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การถูกเหนี่ยวนำ ทำให้นักวิทยาศาสตร์มอง คิด หรือตัดสินใจตามกรอบ ยกเว้นมีการตีความข้อมูลจากมุมมองที่แตกต่างจากเดิม การถูกเหนี่ยวนำและชักจูงโดยทฤษฎีนี้ ทำให้การสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์มีความเป็นอัตตนิยมแฝงอยู่อย่างไม่รู้ตัว สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์เห็นจึงมักเจือด้วยกรอบความคิด ความเชื่อหรือค่านิยมของเขาด้วย

6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (The Social and Cultural Embeddedness of Scientific Knowledge) วิทยาศาสตร์เป็นกิจการที่ดำเนินการ โดยมนุษย์ ดังนั้นจึงได้รับอิทธิพลจากสังคมและวัฒนธรรมซึ่งนักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นเป็นสมาชิกอยู่ ค่านิยมและความคาดหวังของวัฒนธรรมจะเป็นตัวกำหนดสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษา วิธีการศึกษา การตีความข้อมูล และสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ

7. มายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Myth of Scientific Method) วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีขั้นตอนแน่นอนตายตัว และนักวิทยาศาสตร์ไม่ได้ปฏิบัติตามทีละขั้นตามลำดับก่อนหลังในการทำงานวิจัยจริง ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวถึงนี้คือ เริ่มจาก ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ขั้นที่ 3 ตั้งสมมติฐาน ขั้นที่ 4 ทำการทดลอง ขั้นที่ 5 ทดสอบสมมติฐาน และขั้นที่ 6 ลงข้อสรุป โดยในความเป็นจริงการทำงานวิจัยอาจมีการย้อนกลับไปกลับมา ข้ามขั้นตอน หรือทำซ้ำ นอกจากนี้วิธีการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีเฉพาะการทดลองเพียงอย่างเดียว อาจได้มาจากการสำรวจ สังเกต การเปรียบเทียบ รวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ แบบจำลองในคอมพิวเตอร์ การเสนอโมเดลความคิด แม้กระทั่งความบังเอิญ เป็นต้น

8. ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (The Tentative Nature of Scientific Knowledge) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลใหม่จากสังเกตหรือ

การแปลความใหม่จากชุดข้อมูลเดิม คุณลักษณะอื่นๆ ทั้งหมดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ล้วนเป็นเหตุผลของความไม่คงทนของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นั่นเป็นสิ่งที่ทำให้วิทยาศาสตร์ แตกต่างจากสิ่งที่ไม่ใช่วิทยาศาสตร์

ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิด ของ Lederman *et al.* (2002) เนื่องด้วยกรอบแนวคิดนี้ครอบคลุม และมีประเด็นที่สำคัญๆ ของ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ชัดเจน อีกทั้งถูกนำไปใช้อ้างอิงอย่างแพร่หลายในการจัดการเรียน การสอนและงานวิจัย และใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดมุมมอง ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบ C (View of Nature of Science Questionnaire: VNOS-Form C) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพชิ้นหนึ่งซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ด้วย

3. การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนทราบถึงขอบเขต ข้อจำกัด ของความรู้วิทยาศาสตร์ ตระหนักถึงคุณค่าของการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ และสามารถพัฒนา การเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์ให้ดีขึ้น (สสวท., 2551) นอกจากนี้ยังช่วยในการคิดวิเคราะห์ จำแนก แยกแยะ ตัดสินใจ และแก้ปัญหา (Driver *et al.*, 1994; McComas, 2000)

ความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ค่อนข้างชัดเจน แต่วิธีการที่จะทำให้นักเรียน เข้าใจหรือมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์นั้นยังไม่ชัดเจนนัก ที่ผ่านมามี การศึกษาถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบต่างๆ ที่สามารถพัฒนา มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ซึ่งวิธีการสอนที่นักวิทยาศาสตร์ศึกษาสนใจ อย่างมาก มี 3 วิธี แต่ละวิธีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบแยกส่วน (Fragmented Approach)

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบแยกส่วน คือการสอนธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์แยกออกไปต่างหากโดยไม่อิงกับเนื้อหาวิชา (context free) ทำได้โดยการจัดกิจกรรมที่มี วัตถุประสงค์เพื่อแสดงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ โดยเฉพาะ หรือการสอน บรรยายลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นโดยไม่อิงกับบริบทที่เป็นเนื้อหาวิชา ซึ่งผลจาก การสอนรูปแบบนี้สามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เล็กน้อย

ซึ่งให้ผลไม่ต่างกันมากนักกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บูรณาการเข้าไปในเนื้อหาวิชา อีกทั้งยังใช้เวลาในการสอนทั้งหมดมากกว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บูรณาการเข้าไปในเนื้อหาวิชา เนื่องจากต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งในการทำกิจกรรมเพื่อสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป้าหมาย (Khishfe and Lederman, 2006, 2007)

3.2 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง (Implicit Approach)

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง คือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ หรือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based Approach) ในการสอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูคาดหวังว่านักเรียนจะสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยอัตโนมัติ เมื่อผ่านการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมดังกล่าว (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Schwartz *et al.*, 2004) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง เป็นวิธีที่ไม่ได้เน้นการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการเน้นที่เนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง ไม่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนไม่ได้มีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้หรือการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000; Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe, 2008) ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Khishfe และ Abd-El-Khalick (2002) ที่ศึกษาอิทธิพลของการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้งโดยผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ (implicit inquiry-oriented) เปรียบเทียบกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งโดยผ่านกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ (explicit inquiry-oriented) พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้มากกว่ากลุ่มที่สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง และนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบไม่ชัดแจ้ง มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงไปไม่มากนักเมื่อเทียบกับก่อนเรียน ผลการวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้โดยอัตโนมัติผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน

3.3 การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit Approach)

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง คือการจัดการเรียนการสอนที่ให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนควบคู่ไปกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่ได้หมายความว่าต้องบรรยายถึงมุมมองของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการคิดของนักเรียนเอง (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และได้รับการแก้ไขปรับปรุงมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการอภิปรายและสะท้อนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Abd-El-Khalick and Lederman, 2000) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องวางแผนการจัดการเรียนรู้และกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ตลอดจนการประเมินผลจากการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามวัตถุประสงค์ที่ศึกษา (Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002; Schwartz *et al.*, 2004) ในขั้นสอนต้องอภิปราย สะท้อนความคิดโดยมีการชี้แนะและถามคำถามในระหว่างทำกิจกรรม เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียน และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักเรียนซึ่งอาจต้องอธิบายอีกครั้งหากจำเป็น (Schwartz *et al.*, 2004) ซึ่งการสอนรูปแบบนี้เชื่อว่าความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะไม่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติหลังจากการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือการสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอย่างอื่นที่ต้องมีการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง อาจใช้กับการสอนโดยใช้กิจกรรมเป็นฐาน (Activity-based/Explicit Approach) (Akerson, Abd-El-Khalick and Lederman, 2000) สอนโดยผ่านประวัติการค้นพบความรู้วิทยาศาสตร์หรือการทดลองอิงประวัติศาสตร์ (Historical/Explicit Approach) (Abd-El-Khalick *et al.*, 1998 และ Ogunniyi, 1983 อ้างใน Khishfe and Abd-El-Khalick, 2002) แต่ส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับกิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based/Explicit approach) อาทิ Schwartz *et al.* (2002), Khishfe and Abd-El-Khalick (2002) และ Schwartz *et al.* (2004)

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง เนื่องจากมีงานวิจัยซึ่งยืนยันประสิทธิภาพของรูปแบบการสอนนี้ ในการส่งเสริมแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จำนวนมาก อีกทั้ง

ยังสอดคล้องกับข้อเสนอแนะเรื่องการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาวิชาของ สสวท. ด้วย งานวิจัยในอดีตยังระบุว่ารูปแบบการสอนดังกล่าวยังสามารถพัฒนาผลการเรียนรู้ที่ คาดหวังในวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านอื่นๆ ด้วย อาทิ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ (Schwartz *et al.*, 2002) ซึ่งจากการสังเคราะห์รูปแบบการสอนธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วางกรอบ การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงกรอบการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งในงานวิจัย

องค์ประกอบของการจัดการเรียน การสอน	คำอธิบาย
1. ครูกำหนดวัตถุประสงค์ของ ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ครูกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการสอน เป็นหนึ่งในผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยพิจารณาจากความ สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา
2. ครูหาสถานการณ์ที่แสดงให้เห็น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ครูตั้งประเด็นคำถาม สาธิต หรือยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ทำให้ นักเรียนได้ตระหนักถึงลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่ครูได้กำหนดไว้ในขณะทำกิจกรรมหรือหลังทำกิจกรรม การเรียนการสอน
3. ครูบ่งชี้และอภิปรายร่วมกับ นักเรียนเกี่ยวกับประเด็น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	ครูแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากสถานการณ์ที่กำหนดและให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย ผ่านบทสนทนาและแสดงความคิดเห็นในประเด็นดังกล่าว
4. การประเมินผลธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	ครูวิเคราะห์มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และมีหลักฐานในการประเมินมุมมองธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆที่ได้กำหนดไว้ในผลการเรียนรู้ ที่คาดหวัง
5. การให้นักเรียนสะท้อน ความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	หลังจากครูบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และ นักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แล้วให้นักเรียนได้มีโอกาสนำมาสะท้อนความคิดเห็น เกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ไป โดยผ่านทางการถามตอบในชั้นเรียนหรืออนุทินของนักเรียน

4. การวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้พัฒนาวิธีการและเครื่องมือที่จะใช้วัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลาย โดยในระยะแรกเครื่องมือที่ใช้วัด มีลักษณะเป็น Paper and Pencil Test (Lederman *et al.*, 2002) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น การเลือกตอบถูกผิด เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย หรือเป็นแบบเลือกตอบ ซึ่งเครื่องมือลักษณะนี้อาจได้ข้อมูลเพียงผิวเผิน นักการศึกษาจึงได้พัฒนาเครื่องมือขึ้นใหม่ มีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกมากขึ้น แต่มีข้อจำกัดอยู่ว่าผู้ตอบคำถามจะต้องมีทักษะการอ่าน การเขียนและการอธิบายเป็นอย่างดี

เครื่องมือที่มักถูกนำมาใช้มากในงานวิจัยคือ แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (View of Nature of Science Questionnaire: VNOS) ซึ่งถูกสร้างขึ้นและพัฒนาโดยตลอด ปัจจุบันมี 5 แบบด้วยกัน คือ VNOS-Form A ถึง VNOS-Form E ซึ่งถูกสร้างและพัฒนาขึ้นโดย Lederman และคณะ ซึ่งเป็นแบบสอบถามที่ใช้ควบคู่กับการสัมภาษณ์ถึงโครงสร้างเพื่อให้ได้ข้อมูลในเชิงลึกในประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการ

โดย VNOS-Form A และ B เป็นแบบสอบถามปลายเปิด 7 ข้อ มีประเด็นมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 5 ด้าน คือ ความรู้วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ การสังเกตและลงข้อสรุป จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานที่ตรวจสอบได้ และความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและกฎ ซึ่งต่อมาเมื่อทำการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือพบว่า VNOS-Form A และ B ยังมีข้อคำถามที่ยังไม่สามารถอภิปรายสรุปได้ ในปี 1998 Abd-El-Khalick จึงได้ปรับปรุงข้อคำถามจาก VNOS-Form B ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น จนได้เป็น VNOS-Form C ที่มีข้อคำถามปลายเปิด 10 ข้อ และมีประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มมาคือ วิทยาศาสตร์กับสังคมและวัฒนธรรมและได้ปรับปรุงข้อคำถามในการสัมภาษณ์ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถใช้ได้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรีและครู ซึ่งได้มีการพัฒนาและหาคุณภาพเครื่องมือนี้โดย Lederman และคณะ (2002) จนเป็นที่ยอมรับและใช้ในการวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในการวิจัยอย่างกว้างขวาง ต่อมาได้มีการปรับปรุงข้อคำถามเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นได้ จึงเกิด VNOS-Form D ขึ้นโดยลดจำนวนข้อและปรับปรุงการใช้สถานการณ์ และภาษาให้เหมาะสมกับวัยและบริบทของเด็ก ประกอบด้วยข้อคำถาม 7 ข้อ โดยตัดประเด็นเรื่องกฎและทฤษฎี และวิทยาศาสตร์กับสังคมและวัฒนธรรมออกไป และเพิ่มประเด็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นอยู่กับบริบทของนักวิทยาศาสตร์ และกระบวนการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสุดท้ายคือ VNOS-

Form E ที่ปรับปรุงโดย Lederman และคณะในปี ค.ศ. 2001 เพื่อใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาโดยเฉพาะ ซึ่งมีประเด็นและข้อคำถามคล้ายกับ VNOS-Form D แต่มีรูปภาพเพิ่มเข้ามา และนักเรียนให้สามารถวาดรูปเพื่ออธิบายคำตอบได้

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ VNOS-Form C เพื่อวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากเป็นแบบที่ได้รับการปรับปรุงมาแล้ว ได้รับการยอมรับให้นำไปใช้อย่างแพร่หลาย มีประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมกรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยวางไว้ รวมทั้งมีความเหมาะสมกับวัยในกลุ่มที่ผู้วิจัยศึกษา คือนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ เครื่องมือฉบับนี้ได้รับการแปลเป็นภาษาไทย โดยผู้วิจัย ตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

5. ความเข้าใจและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

นักวิทยาศาสตร์ศึกษาใช้คำเกี่ยวกับความเข้าใจหรือมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน เช่น ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส, นฤมล ยุตาคม และ พรทิพย์ ไชยโส, 2552; กาญจนา มหาลี, 2553) มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หรือทัศนะที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2552) ทั้งนี้เนื่องจากคำในภาษาอังกฤษที่แตกต่างกัน คือ Understanding of Nature of Science (Abd-El-Khalick, 2005; Liangkriklas, 2009) และ Views of Nature of Science (Lederman *et al.*, 2002; Schwartz *et al.*, 2004, Akerson *et al.*, 2008) สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ใช้คำว่า มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความหมายครอบคลุมถึงความเข้าใจและให้ความหมายเดียวกับคำว่าทัศนะแต่เข้าใจได้ง่ายกว่า อีกทั้งเพื่อให้สอดคล้องกับคำที่ Lederman และคณะ (2002) ใช้ เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยยึดกรอบธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ศึกษากลุ่มดังกล่าว

จากการศึกษางานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาทั้งในและต่างประเทศพบว่า มีนักการศึกษาจำนวนมากที่ให้ความสนใจในการศึกษามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทั้งในนักเรียน นิสิตครู และครูประจำการ ซึ่งพบว่ามีการศึกษาด้านต่างๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ที่แตกต่างกันและพบมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์หลายลักษณะ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

ด้านของธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์	นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (ปีที่ศึกษา)
1. มุมมองต่อ วิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์เป็นความจริง เป็นข้อเท็จจริง เป็นรูปธรรม	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) วรรณทิพา รอดแรงคำ (2552)
2. วิธีการได้มาซึ่งความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการเดียวที่จะนำมาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) วรรณทิพา รอดแรงคำ (2552)
	วิธีการแสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มีวิธีการเดียวคือ การทดลอง	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) Mc.Comas (1996)
	วิธีการทางวิทยาศาสตร์มีขั้นตอนแน่นอนตายตัว	Mc.Comas (1996)
3. กฎและทฤษฎี	กฎเป็นความรู้ที่น่าเชื่อถือกว่าทฤษฎี มีลำดับความสำคัญ (Hierarchy) สูงกว่าทฤษฎี สมมติฐาน เปลี่ยนแปลงเป็นทฤษฎี และทฤษฎีจะเปลี่ยนแปลงเป็นกฎ	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) Mc.Comas (1996) Akerson <i>et al.</i> (2000) Schwartz <i>et al.</i> (2004)
	ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ กฎเปลี่ยนแปลงไม่ได้	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552)
	ทฤษฎีต้องอาศัยผลจากการทดลองสมมติฐานหลายๆ ครั้งมายืนยัน แต่กฎเป็นความจริงที่พิสูจน์แล้ว	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552)
	นักวิทยาศาสตร์ค้นพบทฤษฎีหรือกฎ เพราะทฤษฎีหรือกฎนั้นมีอยู่แล้วในธรรมชาติ นักวิทยาศาสตร์ เพียงแค่ค้นหามันเท่านั้น	วรรณทิพา รอดแรงคำ (2552)
4. การเปลี่ยนแปลง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้	สิรินภา กิจเกื้อกูล และ คณะ (2548) สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) Khishfe and Abd-El-Khalick. (2002)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ด้านของธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์	นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (ปีที่ศึกษา)
5. การสังเกตและ ลงข้อสรุป	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุน โดยหลักฐานนั้น มาจากการทดลองและเป็นสิ่งที่สามารถตรวจสอบได้ สังเกตและสัมผัสได้	Schwartz et al. (2004)
		Khishfe (2008)
		สิรินภา กิจเกื้อกูล และ คณะ (2548)
		สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552)
		Khishfe and Abd-El-Khalick. (2002)
6. ปัจจัยที่ส่งผลการ ทำงานของ นักวิทยาศาสตร์	นักเรียนไม่สามารถแยกแยะการสังเกตและการลงความเห็นได้	Schwartz et al. (2004)
		Khishfe (2008)
		Akerson et al. (2000)
		Khishfe and Abd-El Khalick (2002)
		Khishfe (2008)
6. ปัจจัยที่ส่งผลการ ทำงานของ นักวิทยาศาสตร์	นักวิทยาศาสตร์ต้องให้ผลการสรุปเหมือนกันหากศึกษาในสิ่งเดียวกัน	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552)
		Akerson et al. (2000)
		Khishfe and Abd-El Khalick (2002)
		Khishfe (2008)
		วรรณทิพา รอดแรงคำ (2552)
6. ปัจจัยที่ส่งผลการ ทำงานของ นักวิทยาศาสตร์	นักเรียนไม่เข้าใจว่าความรู้และประสบการณ์เดิมของนักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการสังเกต และลงความเห็น	Mc.Comas (1996)
		Akerson et al. (2000)
		Khishfe and Abd-El-Khalick. (2002)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ด้านของธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์	นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (ปีที่ศึกษา)
7. วิทยาศาสตร์กับสังคม และวัฒนธรรม	สังคมและวัฒนธรรมไม่มีอิทธิพลต่อวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความเป็นสากล และมาจากการทดลองตามขั้นตอนที่ตายตัวอย่างเคร่งครัด	สิรินภา กิจเกื้อกูล และ คณะ (2548) สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552)
8. บทบาทของความคิด สร้างสรรค์และ จินตนาการต่อ วิทยาศาสตร์	นักเรียนบอกได้ว่ามีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการศึกษาวิทยาศาสตร์แต่บอกไม่ได้ ว่าใช้อย่างไร วิทยาศาสตร์คือความจริงแท้ไม่เกี่ยวข้องกับการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์เนื่องจาก วิทยาศาสตร์เชื่อในหลักฐานเชิงประจักษ์	สุทธิดา จำรัส และ คณะ (2552) วรรณทิพา รอดแรงคำ (2552) Mc.Comas (1996) Akerson et al. (2000) Schwartz et al. (2004) Khishfe (2008)

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากนิยามที่นักการศึกษาและสถาบันต่างๆ เสนอนั้นพบว่ามีแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน คือ เป็นการสอนที่มุ่งให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม โดยอาศัยกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ออกแบบแนวทางในการแสวงหาคำตอบ ดำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ นำเสนอข้อค้นพบจากหลักฐานและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันในชั้นเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง (NRC, 2000; สสวท., 2546) โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูทำหน้าที่เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข, 2548)

ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยการต่อยอดจากความรู้เดิมที่นักเรียนมี โดยอาศัยกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เสาะหา ดำรวจตรวจสอบ และค้นหาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ แก่นักเรียน

2. ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ตามที่กล่าวไว้ในเอกสาร National Science Education Standards (NRC, 2000) มี 5 ลักษณะ ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยวัตถุ สิ่งของ ปัญหา การทดลองหรือสถานการณ์ต่างๆ เพื่อให้นักเรียนเกิดคำถามหรือสงสัยในสิ่งนั้น โดยคำถามที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอาจเกิดขึ้นจากตัวนักเรียนเอง ครู สื่อการสอน หรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ โดยคำถามที่ตั้งจะมีลักษณะเป็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ การเก็บรวบรวมข้อมูลและใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

นักเรียนใช้หลักฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การลงมือปฏิบัติ การทดลอง การมีปฏิสัมพันธ์กับครู สื่อการเรียนการสอนหรือการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้

3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนหลักของเหตุผล การอธิบายจะบอกให้ทราบถึงเหตุที่เกิดขึ้น และผลที่เกิดจากเหตุ การอธิบายต้องมีความสอดคล้องกับหลักฐานที่ได้จากการสังเกต และการทดลอง ซึ่งการอธิบายนั้น มีความสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมและความรู้ที่ได้ค้นพบ โดยอาศัยหลักฐานที่นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบ ในการอธิบายของนักเรียน ครูอาจถามคำถามเพื่อให้ นักเรียนอธิบายความรู้ด้วยตนเอง และครูอาจถามคำถามเพื่อนำไปสู่การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนมีการประเมินเกี่ยวกับสิ่งที่ได้อธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่ โดยเปรียบเทียบกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งการอธิบายนี้นักเรียนมีส่วนในการตอบคำถามโดยใช้คำอธิบายจากหลักฐานที่ค้นพบ และประเมินคำอธิบายด้วยการตรวจสอบผลการอธิบายของตนเองกับครู หรือสื่อการเรียนการสอนอื่นๆ เพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการปรับความรู้ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนนำไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

5. นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น

นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการอธิบายเกี่ยวกับผลการศึกษาของตนเองกับผู้อื่นพร้อมทั้งแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น เพื่อนักเรียนจะได้ประเมินตนเอง ตรวจสอบความรู้เดิมกับแนวคิดที่ได้ค้นพบเพิ่มเติม ซึ่งโอกาสนี้ครูจะได้ประเมินพัฒนาการของนักเรียน สามารถวัดและประเมินผลการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของนักเรียนด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การทำผังแนวคิด การเล่นเกมสลับคำถาม การเขียนบันทึกสิ่งที่ได้เรียนรู้ เป็นต้น

ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ตามระดับการมีบทบาทของนักเรียนและครู ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้และระดับของการสืบเสาะหาความรู้ (ปรับปรุงจาก NRC, 2000)

ลักษณะสำคัญ		ระดับของการสืบเสาะหาความรู้		
1. นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียนตั้งคำถามด้วยตนเอง	นักเรียนศึกษาคำถามและตั้งคำถามใหม่	นักเรียนเลือกและทำความเข้าใจกับคำถามที่ครูตั้งขึ้นหรือคำถามที่มาจากสื่อการเรียนรู้	ครูกำหนดคำถามให้นักเรียนหาคำตอบ
2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียนรวบรวมหลักฐานและตัดสินใจเลือกหลักฐานด้วยตนเอง	นักเรียนได้รับคำแนะนำในการรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้อง	นักเรียนได้รับข้อมูลและถูกถามให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล	นักเรียนได้รับข้อมูลและแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียนสร้างคำอธิบายต่างๆด้วยตนเองหลังจากสรุปผลจากหลักฐานที่มีอยู่	นักเรียนได้รับคำแนะนำในกระบวนการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน	นักเรียนเลือกใช้วิธีการที่เป็นไปได้เพื่อใช้หลักฐานในการสร้างคำอธิบาย	นักเรียนได้รับหลักฐานพร้อมคำแนะนำในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน
4. นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง	นักเรียนได้รับแนวทางในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบายที่ตนเองสร้างขึ้น	นักเรียนได้รับทางเลือกในการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย	นักเรียนไม่มีโอกาสในการเชื่อมความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคำอธิบาย
5. นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น	นักเรียนสื่อสารถึงข้อสรุปของตนเองให้ผู้อื่นทราบโดยมีความเป็นเหตุเป็นผล	นักเรียนได้รับการกระตุ้นให้นำข้อสรุปของตนเองมาสื่อสารกับผู้อื่น	นักเรียนได้รับกรอบแนวทางในการสื่อสารกับผู้อื่น	นักเรียนได้รับคำแนะนำ กระบวนการและขั้นตอนในการสื่อสารกับผู้อื่น

มาก ← _____ ระดับการช่วยเหลือตนเองของนักเรียน _____ → น้อย
 น้อย ← _____ ระดับการช่วยเหลือของครู _____ → มาก

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

จากการสังเคราะห์นิยามเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน สรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ การวิจัยที่ทำโดยครูผู้สอนในชั้นเรียน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอน หรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักเรียน เป็นการวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว นำผลไปใช้ทันที และสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่างๆ ในชีวิตประจำวันของตนเอง ให้ทั้งตนเองและกลุ่มผู้ร่วมงานในโรงเรียนได้มีโอกาสวิพากษ์ อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแนวทางที่ได้ปฏิบัติและผลที่เกิดขึ้นเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของครูและนักเรียน (ทศนา แจมมณี และ สร้อยสน สกลรักษ์, 2540; อุทุมพร จามรมาน, 2544; สุวิมล ว่องวาณิช, 2553)

2. ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

สุวิมล ว่องวาณิช (2553) ได้นำเสนอลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงลักษณะสำคัญของการปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน

ใคร	ครูผู้สอนในห้องเรียน
ทำอะไร	แสวงหาวิธีการแก้ปัญหา
ที่ไหน	ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน
เมื่อไหร่	ในขณะที่การเรียนการสอนกำลังเกิดขึ้น
อย่างไร	ด้วยวิธีการวิจัยที่มีวงจรการทำงานอย่างต่อเนื่องและสะท้อนกลับการทำงานของตนเอง (self-reflection) โดยขั้นตอนหลักคือ การทำงานตามวงจร PAOR (Plan, Act, Observe, Reflect)
เพื่อจุดมุ่งหมายใด	มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียน
ลักษณะเด่นของการวิจัย	เป็นกระบวนการวิจัยที่ทำอย่างรวดเร็ว โดยครูนำวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองคิดขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนทันทีและสังเกตผลการแก้ปัญหานั้น มีการสะท้อนผลและแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเพื่อนครูในโรงเรียน

นอกจากนี้ วิทยา ใจวิถี (2548) นำเสนอลักษณะสำคัญของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ดังนี้

1. เป็นการวิจัยจากปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนเกี่ยวกับการเรียนการสอน
2. ทำการวิจัยเพื่อนำผลวิจัยไปพัฒนาการเรียนการสอน
3. ทำการวิจัยควบคู่กับการเรียนการสอน คือ สอนไปวิจัยไป แล้วนำผลการวิจัยไปใช้แก้ปัญหาในชั้นเรียน และทำการเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ต่อผู้อื่น

กล่าวโดยสรุปได้ว่าการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมีลักษณะสำคัญคือ เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยครูผู้สอนในชั้นเรียนนั้นๆ เป็นการดำเนินการที่มีการวางแผน การปฏิบัติการสังเกตผล และการสะท้อนกลับ และมีการสะท้อนผลและแลกเปลี่ยนประสบการณ์กับเพื่อนครูในโรงเรียน

3. ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

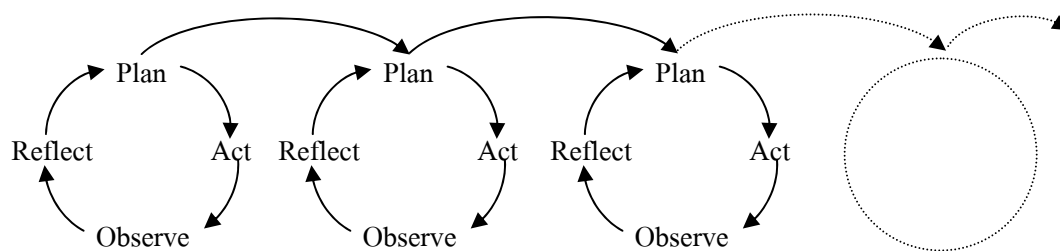
ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนส่วนใหญ่พัฒนามาจากขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เสนอโดย Kemmis และ McTaggart (1990 อ้างใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2553) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ (ภาพที่ 5)

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาที่ต้องการให้มีการแก้ไข โดยมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทำให้มองเห็นสภาพของปัญหาชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นการดำเนินการตามแผนที่วางไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นการใช้เทคนิควิธีต่างๆ ที่เหมาะสมมาช่วย ในการรวบรวมข้อมูล ในขณะที่ดำเนินกิจกรรมตามที่วางไว้

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการประเมินตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปสู่การปรับปรุงและวางแผนการปฏิบัติต่อไป



ภาพที่ 5 แสดงวงจรการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีหลายงานวิจัยที่เลือกใช้ขั้นตอนลักษณะดังกล่าวในการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ทั้งในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (สุกัญญา ทองวัฒน์, 2545; วารยาณีย์ เพชรมณี, 2546; พูนศรี นิยมศาสตร์, 2547 และ พิภูล ตระกูลสม, 2552) และสาขาวิชาอื่น ยกตัวอย่างเช่น วิชาเศรษฐศาสตร์ (มุกดาวรรณ สังข์สุข, 2548) และคณิตศาสตร์ (กาญจนา ภูมิมา, 2546 และ ศิริพัฒน์ กันทะวงศ์, 2551)

ซึ่งงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนตามขั้นตอนของ Kemmis และ McTaggart (1990) โดยมีการวางแผน (Plan) ในการหาความรู้เดิมของนักเรียนโดยการให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบการจัดการเรียนการสอนในขั้นการปฏิบัติ (Act) เป็นการนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปใช้สอนจริง ในขณะที่สอน ผู้วิจัยได้ขอความร่วมมือให้ครูผู้ช่วยวิจัยอีกท่านช่วยเข้ามาร่วมสังเกตการสอนและสะท้อนผลการสอนของผู้วิจัย อีกทั้งผู้วิจัยเองได้บันทึกการสอนของตนเองทุกครั้ง (Observe) เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องและนำไปวางแผนเพื่อพัฒนาการสอนให้ดีขึ้นในครั้งถัดไป (Reflect)

กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าและตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ออกแบบการวิจัยและสร้างกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ศึกษาและเสนอแนวทางการปฏิบัติการสอนแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง ซึ่งมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

1. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
2. การกำหนดรูปแบบการวิจัย
3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีคะแนน O-NET สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศและจังหวัดในทุกวิชา (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2554) โดยกลุ่มการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์มีทั้งหมด 7 ห้อง เป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 1 ห้อง ห้องเรียนเด็กอัจฉริยะ (Gifted) 1 ห้อง ห้องเรียนเน้นภาษาอังกฤษ (Intensive) 1 ห้อง ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 1 ห้อง และห้องเรียนปกติที่นักเรียนความสามารถ 3 ห้อง โดยห้องเรียนที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นห้องเรียนปกติ เนื่องจากผู้วิจัยคาดหวังว่า ผลการวิจัยครั้งนี้จะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้กับนักเรียนในห้องเรียนปกติซึ่งเป็นนักเรียนส่วนใหญ่ของประเทศ ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนในการวิจัยครั้งนี้ จำนวน 1 ห้อง โดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โดยเลือกห้องที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ความสามารถ และมีการแจกแจงของคะแนนแบบโค้งปกติ โดยนักเรียนที่ได้เกรด 4 มีจำนวน 2 คน เกรด 3.5 มีจำนวน 5 คน เกรด 3 จำนวน 10 คน เกรด 2.5

จำนวน 17 คน เกรด 2 จำนวน 11 คน เกรด 1.5 จำนวน 3 คน และไม่มีนักเรียนที่ได้ เกรด 1 และ 0 นอกจากนี้พิจารณาเกี่ยวกับความร่วมมือของครูผู้ช่วยวิจัย ซึ่งเป็นครูที่สอนห้องนั้นมาก่อน โดยบทบาทของครูผู้ช่วยวิจัยคือ สังเกตการสอนและให้ข้อมูลสะท้อนกลับการสอนแก่ผู้วิจัย ให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขและพัฒนาการสอนของผู้วิจัย

การกำหนดรูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยผู้วิจัยได้นำหลักการและขั้นตอนของวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis และ McTaggart (1990 อ้างใน สุวิมล ว่องวาณิช, 2553) มาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยได้วางแผนการสอนโดยดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต หนังสือเรียนชีววิทยารายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษารอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ตารางที่ 1 ในบทที่ 2) เพื่อนำมาสร้างและพัฒนาแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง (รายละเอียดการสร้างและพัฒนาแบบวัดแนวคิดอยู่ในหัวข้อเครื่องมือวิจัย)

1.2 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman และคณะ (2002) ดำเนินการแปลเครื่องมือ Views of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) พัฒนาโดย Lederman และคณะ ในปี ค.ศ.2002 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในครั้งนี้ (รายละเอียดการนำแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฉบับนี้มาใช้ในหัวข้อเครื่องมือวิจัย)

1.3 นำแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียน จากนั้นนำแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามาใช้เป็นแนวทางออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

1.4 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนเพื่อนำมาออกแบบแผนการสอนที่มีลักษณะดังกล่าว

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน โดยให้นักเรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้โดยอาศัยกระบวนการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนริเริ่มหรือมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ หาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสื่อสารพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ที่ครูให้ความสำคัญในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นจุดประสงค์หนึ่งในการจัดการเรียนการสอนและออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องหรือจำลองประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นๆ แล้วบ่งชี้และอภิปรายให้นักเรียนเห็น มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้หรือภายหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อีกทั้งมีการวัดและประเมินมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ในขณะทำการสอนผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมต่างๆ ของนักเรียนที่มีต่อการทำกิจกรรมและการตอบคำถามในชั้นเรียน ครูผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้ช่วยบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน และหลังจากการสอนผู้วิจัยได้บันทึกพฤติกรรมรวมทั้งปัญหาและข้อเสนอแนะต่างๆ ในแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ทุกครั้งหลังการสอน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) นำข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต จากบันทึกของครูผู้ช่วยวิจัย การสะท้อนผลการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย บันทึกหลังสอนของผู้วิจัยและอนุทินของนักเรียนจากการสอนแต่ละครั้ง มาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมยิ่งขึ้นในการสอนครั้งต่อไป

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์แบบชัดเจนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบบันทึก การจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกกอนุทินของนักเรียน ใบกิจกรรม ประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน ซึ่งมีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ทั้งหมด 9 แผน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 16 คาบ โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต หนังสือเรียนชีววิทยา รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อจัดทำกรอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ตารางที่ 1 ในบทที่ 2) จากนั้น นำกรอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง จากการตรวจสอบของอาจารย์ทั้งสองท่าน ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงกรอบเนื้อหา ในบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. นำกรอบเนื้อหาและแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงจากงานวิจัยที่ผ่านมา มาสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง (รายละเอียดการสร้างอยู่ในหัวข้อต่อไป) และ นำแบบวัดนี้ไปทดสอบนักเรียนกลุ่มที่จะศึกษาก่อนจัดการเรียนการสอน จากนั้นนำแนวคิด คลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามาใช้เป็นแนวทางสร้างแผน การจัดการเรียนรู้เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถลดการมีแนวคิด ที่คลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายได้

3. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สารที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกรอบแนวคิดธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman และคณะ (2002) ดำเนินการแปลเครื่องมือ Views of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) พัฒนาโดย Lederman และคณะ ในปี ค.ศ.2002 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในครั้งนี้ (รายละเอียดการนำแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ฉบับนี้มาใช้อยู่ในหัวข้อถัดไป) จากนั้นนำมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามาใช้เป็นแนวทางออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

4. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning (NRC, 2000) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2553) เป็นต้น ร่วมกับข้อมูลจากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ยึดตามลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ NRC (2000) ซึ่งมีลักษณะสำคัญ ดังนี้

- 1) นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
- 2) นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
- 3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์
- 4) นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
- 5) นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น

5. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สารที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และขอบข่ายเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จากหนังสือเรียนชีววิทยารายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อมองหาโอกาสที่สามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในการสอนว่าสามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านใดได้บ้าง จากนั้นศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง (Explicit NOS

Approach) จากงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และสังเคราะห์ออกมาเป็นลักษณะสำคัญของ การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง 5 ลักษณะ ดังที่ Khishfe and Abd-El-Khalick (2002) และ Schwartz, *et al.* (2004) เสนอแนะไว้ ดังนี้

- 1) ครูกำหนดวัตถุประสงค์ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 2) ครูหาสถานการณ์ที่แสดงให้เห็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 3) ครูบ่งชี้และอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 4) การประเมินผลธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
- 5) การให้นักเรียนสะท้อนความคิดเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

6. นำกรอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงจากข้อที่ 1. แนวคิดคลาดเคลื่อนของ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากข้อที่ 2. มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคม วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากข้อที่ 3. ลักษณะการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหา ความรู้จากข้อที่ 4. และลักษณะการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งจากข้อที่ 5. มาออกแบบโครงการสอนระยะยาวดังตารางที่ 6 และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ จำนวน 9 แผน ดังนี้

- 1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (1 คาบ)
- 2) ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (2 คาบ)
- 3) โครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ (1 คาบ)
- 4) สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (2 คาบ)
- 5) ปฏิกิริยาแสง (1 คาบ)
- 6) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และโฟโตเรสไพเรชัน (2 คาบ)
- 7) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM (3 คาบ)
- 8) การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง (1 คาบ)
- 9) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (3 คาบ)

โดยในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการทดลองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ในด้านต่างๆ เข้าไปในการสอนได้แตกต่างกันขึ้นอยู่กับบริบทของกิจกรรมและเนื้อหาที่สอน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 โครงการสอนระยะยาวการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งในแต่ละแผนการสอน

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
การจัดการเรียน การสอนแบบสืบ เสาะหาความรู้	ครูนำน้ำหยด	ครูจุดเทียนไข	ให้นักเรียน	ครูให้นักเรียน	ครูยกการ	ครูถามนักเรียน	ครูถามนักเรียน	ครูนำใบเสร็จฐิ	ครูทบทวน
1. นักเรียนมีส่วนร่วม	อินดิเคเตอร์	แล้วนำครอบ	วาดรูป	นำไปไม้สีเขียว	ทดลองของ	ว่าพืชสร้าง	ว่า นักเรียน	พันล้านในที่ร่	ความรู้เดิม
ในประเด็นคำถาม	แล้วให้	แก้วมาปิดให้	คลอโร-	มาแล้วให้	แดเนียล	น้ำตาลได้	คิดว่าพืช	และที่แจ้ง	เกี่ยวกับเรื่อง
เชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียน	นักเรียน	พลาสติก	นักเรียนถาม	อาร์นอน	อย่างไร	ทุกชนิดจะมี	ให้นักเรียน	ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง
	ทำนายสิ่งที่	สังเกตสิ่งที่	ในความคิด	สิ่งที่สงสัย	แล้วถาม		กระบวน	สังเกตความ	กับการสังเคราะห์
	เกิดขึ้น	เกิดขึ้น และ	ของตนเอง		นักเรียนว่าพืช		การตรึง	แตกต่างและ	ด้วยแสง จาก
		ถามสิ่งที่			เปลี่ยนพลังงาน		คาร์บอนได	ถามสิ่งที่สงสัย	ความรู้ในชั้น ม.
		สงสัย			แสงมาเป็น		ออกไซด์		ต้นแล้วถาม
					พลังงานเคมีใน		เหมือนกัน		คำถามที่เกี่ยวข้อง
					รูป ATP และ		หรือไม่ เหตุใด		
					NADPH ได้		จึงคิดเช่นนั้น		
					อย่างไร				

ตารางที่ 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	ทำกิจกรรม “น้ำเปลี่ยนสี”	ทำกิจกรรม “ทวิภพ The Photosynthesis”	ทำกิจกรรม “คลอโร - พลาสต์ของฉันทัน”	ทำกิจกรรม “โครมาโทกราฟี กระดาษ”	ทำกิจกรรม “การเดินทางของอิเล็กตรอน”	ทำกิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยคุณลุงคัลวิน”	ทำกิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแฮทและสแลค	ครูให้นักเรียน สังเกตใบพืชในที่แจ้งและที่ร่ม	ครูให้นักเรียน ออกแบบการทดลองและ ทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์	นักเรียน ปรึกษากันในกลุ่มเพื่อ อธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลอง	นักเรียนในกลุ่มร่วมกัน อภิปราย หาคำตอบ สรุปข้อค้นพบ ของ นัก- วิทยาศาสตร์แต่ละท่าน	นักเรียนวาดภาพคลอโร-พลาสต์ลงบนกระดานแล้วอธิบายด้วยคำพูด ของนักเรียนเอง	นักเรียนในกลุ่ม ร่วมกันอธิบาย ผลที่ได้จากการทดลอง	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปรายโดยใช้ คำถามสืบเสาะ	นักเรียนร่วมกัน อภิปราย ในกลุ่ม เพื่ออธิบาย การสร้าง น้ำตาลของพืช	นักเรียนร่วมกัน อภิปราย ในกลุ่มว่า กระบวนการตรึง CO ₂ เกิดขึ้น อย่างไรและแตกต่างจากพืช C ₃ อย่างไร	ครูให้นักเรียน อภิปรายกัน ในกลุ่มว่า ใบพืชมีการ ปรับโครงสร้าง ใบเพื่ออยู่ในที่ ร่มหรือที่แจ้ง อย่างไร	นักเรียนสร้าง คำอธิบายถึง ผลที่ได้จากการ ทดลอง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4. นักเรียนประเมินการ เชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปราย โดยครูใช้ คำถามสืบเสาะ	นักเรียน ปรึกษา ในกลุ่มว่า ข้อสรุปที่ สร้างขึ้น สมเหตุสมผล กับผลการ ทดลอง หรือไม่	ครูให้นักเรียน ร่วมกัน สืบค้น คำศัพท์ที่ใช้ สำหรับการ เรียกชื่อ ตำแหน่งที่ครู กำหนดจาก ใบความรู้ที่ 1	นักเรียน ประเมิน คำอธิบาย ของกลุ่มตนเอง โดยเชื่อมโยง กับใบความรู้ ที่ 2	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปราย การเกิด ปฏิกิริยาแสง โดยใช้ภาพที่ นักเรียนวาดขึ้น ร่วมกับ ใบความรู้ที่ 3	นักเรียน ประเมิน คำอธิบายที่ กลุ่มตนเอง สร้างขึ้น โดยเชื่อมโยง กับข้อมูลใน ใบความรู้ที่ 4	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปราย เพื่อปรับ แนวคิดให้เข้าสู่ แนวคิดเชิง วิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปรายว่าพืช มีการปรับตัว อย่างไรบ้าง เพื่อรับแสง	นักเรียนในกลุ่ม ร่วมกันประเมิน คำอธิบาย โดยเชื่อมโยงกับ ข้อมูลในหนังสือ เรียน
5. นักเรียนสื่อสารและ พร้อมแสดงหลักฐาน ที่สนับสนุนคำอธิบาย ดังกล่าวกับผู้อื่น	ครูสุ่มตัวแทน กลุ่มออกมา อธิบายผลการ ทดลองของ กลุ่มตนเอง พร้อมทั้งแสดง หลักฐานกับครู และเพื่อน	ให้ตัวแทน นักเรียน ให้ข้อสรุป การค้นพบ ของนัก- วิทยาศาสตร์ ท่านนั้นๆ	ครูให้ นักเรียน นำเสนอและ อธิบาย แบบจำลอง คลอโร- พลาสต์	นักเรียน นำเสนอผล การศึกษาของ กลุ่มตนเอง การศึกษากลุ่ม ตนเอง	ครูให้ตัวแทน นักเรียนออกมา อธิบายสรุปการ ถ่ายทอด อิเล็กทรอนิกส์ แบบเป็น วัฏจักรและไม่ เป็นวัฏจักร	ครูสุ่มเลือก ตัวแทนกลุ่ม ตัวแทนกลุ่ม ออกมาอธิบาย การสร้าง อาหารของพืช การตรึง อาหารของพืช การตรึง คาร์บอนได- ออกไซด์ตามวิถี C ₄ และ CAM	ครูสุ่มเลือก ตัวแทน นักเรียนออกมา อธิบาย การปรับตัว ของพืชในที่ที่มี แสงต่างกัน ออกซิเจนตามวิถี C ₄ และ CAM	ครูสุ่มเลือก นักเรียนออกมา อธิบาย การปรับตัว ของพืชในที่ที่มี แสงต่างกัน	นักเรียนชี้แจง คำอธิบาย ของตนเอง พร้อมทั้งแสดง หลักฐานที่ สนับสนุน คำอธิบายกับครู และเพื่อนในห้อง

ตารางที่ 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
การสอนธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์ แบบจัดแจ้ง									
1. ครูกำหนด วัตถุประสงค์ของ ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์*	ข้อ 1 และ 2	ข้อ 1, 4 และ 8	ข้อ 7	ข้อ 1, 2 และ 6	ข้อ 4	ข้อ 1, 4, 5 และ 8	ข้อ 1 และ 5	ข้อ 2	ข้อ 1, 4 และ 7
2. ครูหาสถานการณ์ที่ แสดงให้เห็นธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ข้อ 1 และ ข้อ 2 ระหว่าง รอผลการ ทดลอง ครูแสดง ประเด็นการ	ครูนำ อภิปราย ในขณะที่ กล่าวถึง นักวิทยา- ศาสตร์ คือ	ครูถาม นักเรียนว่า ความรู้เรื่อง โครงสร้าง ของคลอโร- พลาสต์ที่เรา	ข้อ 1 และ 2 ขณะนักเรียน แต่ละกลุ่ม นำเสนอการ ทดลอง ข้อ 6 ครู	ข้อ 4 กรณีของ ภาพการ ถ่ายทอด อิเล็กทรอนิกส์ที่ เชื่อม ไทลาคอยด์	ข้อ 1, 4, 5 ครูแสดง สถานการณ์ การศึกษาของ กัลวิน ข้อ 8 ครูยก	ข้อ 1, 5 ครู แสดง สถานการณ์การ ทดลองของ แฮทและสแลค	ครูใช้ สถานการณ์ จากกิจกรรมที่ นักเรียนทำ วันนี้ว่านักเรียน ได้ความรู้ใน	ข้อ 1, 4 ครูชี้ให้เห็น เมื่อนักเรียน นำเสนองาน ข้อ 7 ครูถาม นักเรียนว่า

* รายละเอียดการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ ในแต่ละแผนการสอนแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ใช้อินดิเค- เตอร์ในการ ทดลอง	นักวิทยาศาสตร์ ทุกท่าน (ข้อ 1,4) และ Helmont (ข้อ 8)	ได้มาในวันนี้ ได้มาอย่างไร	ยกตัวอย่าง สถานการณ์น้ำ กลอโรฟิลล์	ที่นักเรียนเห็น	เรื่องการเปลี่ยน ชื่อเรียก dark reaction เป็น CO ₂ -fixation reaction		วันนี้มาอย่างไร	การทดลองคือ อะไร
3. ครูบ่งชี้และอภิปราย ร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับ ประเด็นธรรมชาติ ของวิทยาศาสตร์	ครูและ นักเรียน ร่วมกัน อภิปราย โดยครูใช้ คำถาม สืบเสาะ	ครูและ นักเรียน ร่วมกัน อภิปราย ภาพรวม ทั้งหมด หลังจาก ทำกิจกรรม เสร็จสิ้น โดยใช้คำถาม สืบเสาะ	ครูและ นักเรียน ร่วมกัน อภิปราย หลังจาก เสร็จสิ้น กิจกรรมโดยใช้ คำถาม โดยใช้คำถาม	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปราย หลังจาก เสร็จสิ้น กิจกรรมโดยใช้ คำถาม จินตนาการและ ความคิด- สร้างสรรค์ ถูกใช้ในทุกชั้น ของการศึกษา	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปรายจาก คำถามของครู โดยครู ชี้ประเด็นว่า กิจกรรมโดยใช้ คำถาม	ครูและนักเรียน ร่วมกัน อภิปราย หลังจาก เสร็จสิ้น กิจกรรมโดยใช้ คำถาม	ครูบ่งชี้ให้ นักเรียนเห็น ความสำคัญ ของหลักฐาน และอิทธิพล ของความรู้เดิม ของนักวิทยาศาสตร์ ได้ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	ครูบ่งชี้ให้ นักเรียนเห็นว่า การสังเกตและ ลงความเห็น มีความสำคัญ อย่างไรต่อการ ได้มาซึ่งความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	ครูและนักเรียน ร่วมกันอภิปราย หลังจากเสร็จสิ้น กิจกรรมโดยใช้ คำถาม

ตารางที่ 6 (ต่อ)

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4. การประเมินผล ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน	- การอภิปราย ในชั้นเรียน - อนุทินของ นักเรียน
5. การให้นักเรียน สะท้อนความคิด เกี่ยวกับ NOS	ครูให้ นักเรียน ยกตัวอย่าง สิ่งที่มีตัวตน ตามทฤษฎี และสะท้อน มุมมองของ การได้มาซึ่ง ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	ครูให้ นักเรียน ยกตัวอย่าง ทฤษฎีที่ เปลี่ยนแปลง ไปแล้ว และ สิ่งที่มีตัวตน ตามทฤษฎี อื่นๆ ที่ นักเรียนรู้จัก	ครูให้นักเรียน สะท้อนว่า นอกจากการ สังเกตโดยใช้ เครื่องมือ และ การทดลอง นักเรียนคิดว่า ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ ได้มาจาก กระบวนการ ใดอีกบ้าง	ครูให้นักเรียน สะท้อนว่า วิทยาศาสตร์ แตกต่างจาก สาขาอื่น อย่างไร และ ยกตัวอย่าง อิทธิพลของ สังคมต่อการ ได้มาซึ่งความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	ครูให้นักเรียน ยกตัวอย่าง การใช้ จินตนาการ และความคิด สร้างสรรค์ ในการศึกษา ทางวิทยาศาสตร์	ครูให้นักเรียน สะท้อนมุมมอง เรื่องอิทธิพล ของความรู้เดิม ต่อการได้มา ซึ่งความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ และยกตัวอย่าง ความรู้ที่ เปลี่ยนแปลง	ครูให้นักเรียน สะท้อนมุมมอง เรื่อง ความสำคัญ ของหลักฐาน และอิทธิพล ต่อการได้มา ซึ่งความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	ครูให้นักเรียน สะท้อนว่าการ สังเกตและ ลงความเห็น สำคัญอย่างไร ในการได้มา ซึ่งความรู้ทาง วิทยาศาสตร์	ครูให้นักเรียน สะท้อนว่า หลักฐานใน การศึกษาในวันนี้ คืออะไร นักเรียน ใช้ความคิด สร้างสรรค์ใน ชั้นใดของ การศึกษบ้าง และการทดลอง คืออะไร

ตารางที่ 7 แสดงการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านต่างๆ ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์	แผนที่								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	-	✓
2. การสังเกต ลงความเห็นและมีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-
3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	✓
5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-
6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
7. ภาษาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓
8. ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-

หมายเหตุ: * ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ไม่สามารถสอนโดยการบูรณาการในเนื้อหาได้ แต่มีการสอนนอกเวลาเรียน

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 9 แผนให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่านและครูผู้สอนวิชาชีพวิทยาระดับชำนาญการพิเศษ 1 ท่าน ตรวจสอบด้านเนื้อหา ภาษา และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน จากการตรวจสอบของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญทั้ง 2 ท่าน ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน คือ 1) ปรับคำถามที่ใช้ในขั้นตอนต่างๆ ของการสืบเสาะหาความรู้และแสดงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อให้เหมาะกับวัยและสอดคล้องกับกระบวนการคิดของนักเรียน 2) พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนการสอนให้เป็นลำดับขั้นตอนตามการเรียนรู้ของนักเรียนและปรับใบกิจกรรมให้สอดคล้องกับลำดับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 3) พัฒนากิจกรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น เช่น การนำต้นไม้ ใบไม้ของจริงมาให้นักเรียนสังเกต แทนการกล่าวถึงหรือนำรูปมาให้นักเรียนดู และ 4) กระชับเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมและกำหนดระยะเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน

8. นำข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาดูตรวจสอบอีกครั้ง

9. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับแก้แล้วมาทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจำนวน 10 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมต่อการเรียนรู้แนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และดูความเหมาะสมของเวลาในการจัดกิจกรรม ซึ่งเมื่อพบปัญหาหรืออุปสรรคจากการทดลองสอน ผู้วิจัยได้นำปัญหาเหล่านั้นมาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อร่วมกันหาแนวทางแก้ไข แล้วนำไปปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาต่อไป ซึ่งจากการทดลองสอนผู้วิจัยได้ข้อปรับปรุงในการนำไปใช้สอนจริง ดังนี้ 1) ต้องกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละอย่างให้ชัดเจนเพราะจะได้กระชับเวลาในการทำกิจกรรมให้เป็นไปตามที่กำหนด 2) ปรับการใช้คำถามให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักเรียนมากยิ่งขึ้น 3) ปรับปรุงใบความรู้และใบกิจกรรมให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรมยิ่งขึ้นและแก้ไขใบความรู้ที่ยังมีข้อผิดพลาด 4) เรื่องเวลา เนื่องจากกิจกรรมที่วางแผนไว้ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากทำให้ไม่ทันเวลาในคาบสอน ดังนั้นจึงต้องปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลามากยิ่งขึ้น เช่น แผนการสอนเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงจากเดิมที่เคยวางแผนว่าจะให้นักเรียนทำกิจกรรมโครมาโทกราฟีกระดาษและวัดการดูดกลืนแสงของสารสีจากเครื่อง spectrophotometer ปรากฏว่ากิจกรรมส่วนหลังไม่ทันเวลา ผู้วิจัยจึงปรับมาเป็นการสาธิตและให้ข้อมูลจากเครื่อง spectrophotometer แก่นักเรียนนำไปสร้างกราฟการดูดกลืนแสง เป็นต้น และ 5) ปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้

พื้นฐานของนักเรียน เช่น แผนการสอนเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้กิจกรรม นักสืบโคนัน เดิมผู้วิจัยได้วางแผนว่าจะให้นักเรียนเป็นผู้สร้างวัฏจักรคัลวินเองโดยมีข้อมูลของสาร และจำนวนโมเลกุลของสารที่ได้จากการทดลองของคัลวิน แต่ผลจากการทดลองสอนปรากฏว่า นักเรียนไม่เข้าใจข้อมูลที่ครูให้และเกิดความสับสนจำนวนโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างวัฏจักร คัลวิน ในการสอนจริงผู้วิจัยจึงปรับรูปแบบการนำเสนอและให้ข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนมากนักแก่นักเรียน ในการนำไปสร้างวัฏจักรคัลวิน โดยที่ยังไม่ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนโมเลกุลของสารแต่ละตัว หลังจากการทำกิจกรรมในขั้นการอภิปรายผู้วิจัยจึงคอยแนะแนวการคำนวณจำนวนโมเลกุล ของสารต่างๆ แก่นักเรียนอีกครั้ง

10. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์แบบชัดเจนเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา (ตัวอย่างแผนการสอนรายคาบผู้วิจัยได้แสดง ไว้ในภาคผนวก จ)

2. แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการเก็บรวบรวม ข้อมูลเพื่อวัดการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน โดยลักษณะเครื่องมือเป็น แบบวัดแนวคิดที่มี 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบ และวาดภาพประกอบคำบรรยาย จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 2 เป็นแบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น (two-tier) จำนวน 11 ข้อ ซึ่งมีทั้งแบบข้อคำถาม 2 ชั้น ที่มีคำตอบถูกคำตอบเดียว และแบบข้อคำถาม 2 ชั้น ที่มีคำตอบถูกหลายคำตอบ โดยแต่ละข้อ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นคำถาม ส่วนที่ 2 เป็นคำตอบที่เป็นตัวเลือก ซึ่งนักเรียน สามารถแสดงคำตอบอื่นๆ ที่คิดว่าไม่มีในตัวเลือกได้เพิ่มเติม และส่วนที่ 3 เป็นส่วนแสดงเหตุผล หรือคำอธิบายเกี่ยวกับคำตอบที่เลือก รวมทั้งสิ้น 17 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อแบบวัด 120 นาที โดยข้อคำถามเหล่านี้มีทั้งที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและปรับปรุงจากข้อคำถามในงานวิจัยของ พิชชา ชัยจันดี (2552) และ Kijkuakul (2006) ครอบคลุมแนวคิดหลัก 4 แนวคิด คือ 1) กลอโรพลาสต์และสารสี ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง 2) ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง 3) การปรับตัวของพืช เพื่อรับแสง และ 4) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งข้อคำถามที่ผู้วิจัย สร้างเองนั้น ตัวดวงได้มาจากแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ข้อคำถามในแต่ละแนวคิดและที่มาของข้อคำถาม ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางแสดงรายละเอียดแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

แนวคิด	ข้อที่	แหล่งที่มา
1. คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง		ข้อ 1 ผู้วิจัย
		ข้อ 4 ปรับปรุงจาก Kijkuakul (2006)
1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	1	ข้อ 7 ปรับปรุงจาก Kijkuakul (2006)
1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์	1	ข้อ 8 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	4, 7, 8, 9	ข้อ 9 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	2.1	ข้อ 2 ผู้วิจัย
2.1 ปฏิกิริยาแสง	2.2, 3, 10	ข้อ 3 ผู้วิจัย
2.2 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	2.2, 3, 11	ข้อ 5 ผู้วิจัย
2.2.1 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3	6	ข้อ 6 ปรับปรุงจาก Kijkuakul (2006)
2.2.2 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4	6	ข้อ 10 ผู้วิจัย
2.2.3 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM	6, 12, 13	ข้อ 11 ผู้วิจัย
2.3 โฟโตเรสไพเรชัน	5	ข้อ 12 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
		ข้อ 13 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
3. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	16,17	ข้อ 16 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
		ข้อ 17 ผู้วิจัย
4. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง		ข้อ 14 ปรับปรุงจาก Kijkuakul (2006)
		ข้อ 15 ปรับปรุงจาก พินา ชัยจันดี (2552)
4.1 แสงและความเข้มของแสง	14	
4.2 คาร์บอนไดออกไซด์	14	
4.3 อุณหภูมิ	14	
4.4 อายุใบ	14, 15	
4.5 ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ	14	
4.6 ธาตุอาหาร	14	

ตัวอย่างแบบวัดแนวคิดตอนที่ 1 แบบเขียนตอบ และวาดภาพประกอบคำบรรยาย

“ข้อ 6. พืชแต่ละชนิดมีกลไกในการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้เหมือนกันหรือไม่

- ถ้านักเรียนคิดว่าเหมือนกัน จงให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใด

- ถ้านักเรียนคิดว่าไม่เหมือนกัน จงตอบคำถามต่อไปนี้

1) พืชแต่ละชนิดมีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

พร้อมยกตัวอย่างชนิดพืชประกอบ

2) พืชที่มีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันมีโครงสร้างใบต่างกันหรือไม่
อย่างไร หากเป็นไปได้ให้วาดรูปประกอบ”

ตัวอย่างแบบวัดแนวคิดตอนที่ 2 แบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น (two-tier) ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ
แบบที่มีคำตอบถูกหลายคำตอบ และแบบที่มีคำตอบถูกคำตอบเดียว ดังตัวอย่างในข้อ 7 และ ข้อ 15
ตามลำดับ

“ข้อ 7. สิ่งมีชีวิตใดต่อไปนี้ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. สาหร่ายสีแดง

ข. สาหร่ายสีเขียว

ค. สาหร่ายสีน้ำตาล

ง. พืชดอก

จ. ไวรัส

ฉ. ไซยาโนแบคทีเรีย

ช. เห็ด

ซ. รา

ณ. มอส

ญ. เฟิร์น

ฎ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

“ข้อ 15. ทำการทดลองโดยเคาะใบตำลง 3 บริเวณมาสกัดเอาคลอโรพลาสต์ คือ ใบที่ยอด ใบที่
เจริญเต็มที่ และใบที่แก่แยกใส่ในหลอดทดลอง 3 หลอดตามประเภทของใบ โดยให้แสง น้ำ และ
CO₂ ลงไป ควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้น แสง ปริมาณ CO₂ ให้พอเหมาะและเท่ากันทุกหลอด
นักเรียนคิดว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในทั้ง 3 หลอดจะต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ก. ไม่ต่างกัน

ข. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่ยอดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ค. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่เจริญเต็มที่ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ง. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่แก่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

โดยแบบวัดฉบับจริงผู้วิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ค ซึ่งการดำเนินการสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต หนังสือเรียนชีววิทยารายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เอกสารและงานวิจัยต่างๆ เพื่อจัดทำกรอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องดังกล่าวจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ตารางที่ 1 ในบทที่ 2) จากนั้นนำกรอบเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาจากการตรวจสอบของอาจารย์ทั้งสองท่าน ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะให้ปรับปรุงเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการเรียบเรียงแนวคิดให้ถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้น

2. นำกรอบเนื้อหาและแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงจากข้อ 1 มาสร้างแบบวัดแนวคิด ร่วมกับพิจารณาข้อคำถามจากแบบวัดแนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้เป็นแบบวัดแนวคิดจำนวนทั้งสิ้น 26 ข้อ

3. นำแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สร้างขึ้น ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาทั้ง 2 ท่าน ตรวจสอบ ทำการแก้ไขจนได้แบบวัดที่มีข้อคำถาม 20 ข้อ จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนชีววิทยา 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมาปรับปรุงแบบวัดแนวคิด ดังนี้

- 1) ความเหมาะสมและคงที่ของการใช้ศัพท์เทคนิคบางคำ
- 2) ปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับแนวคิดหลักที่ต้องการ หลีกเลี่ยงการตั้งคำถามที่เป็นผลมาจากแนวคิดอื่นร่วมด้วย
- 3) ควรวัดข้อละ 1 แนวคิด เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 4) ข้อที่มีคำถามมากกว่า 1 คำถาม ควรแยกเป็นคำถามย่อยแยกออกมาจากคำถามหลักให้ชัดเจน เพื่อความครอบคลุมในการตอบของนักเรียนและความสะดวกในการตรวจของผู้วิจัย
- 5) จำนวนข้อคำถามเยอะเกินไป นักเรียนอาจล่าในการทำข้อที่วัดแนวคิดเดียวกันอาจตัดออกบางข้อได้ และ
- 6) ปรับขอบเขตคำตอบที่คาดหวังให้เหมาะสมกับข้อคำถามและแนวคิดที่ต้องการวัด

4. ทำการแก้ไขแบบวัดตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้ข้อคำถาม 18 ข้อ นำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษา แต่มีบริบทใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 20 คน นำผลจากการทดลองใช้แก้ไขปรับปรุงแบบวัดร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งมีข้อปรับปรุง ดังนี้ 1) ปรับ

ข้อคำถามให้ชัดเจนยิ่งขึ้นเนื่องจากบางข้อนักเรียนตอบไม่ตรงคำถามซึ่งอาจเนื่องมาจากตัวคำถามเองสามารถตอบเป็นอย่างอื่นได้ 2) ปรับข้อคำถามให้ละเอียดยิ่งขึ้นเพื่อให้ครอบคลุมคำตอบในประเด็นที่ต้องการ 3) ปรับข้อคำถาม 2 ข้อบางข้อที่ให้เหตุผลในการตอบได้ยากเนื่องจากเป็นคำถามปลายปิด และ 4) ตัดข้อคำถามที่ต้องใช้ความรู้พื้นฐานอย่างอื่นมาช่วยในการพิจารณาคำตอบ เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจแนวคิดพื้นฐานนั้นทำให้ไม่เข้าใจคำถาม

5. ทำการปรับแก้แบบวัดแนวคิด และได้แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 17 ข้อ ในการนำไปใช้วัดแนวคิดนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยกำหนดระยะเวลาในการทำแบบวัด 120 นาที

3. แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ Views of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) พัฒนาโดย Lederman และ คณะในปี ค.ศ.2002 เนื่องจากเป็นแบบที่ได้รับการพัฒนามาแล้ว ได้รับการยอมรับให้นำไปใช้อย่างแพร่หลาย มีประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ครอบคลุมรอบแนวคิดที่ผู้วิจัยวางไว้ รวมทั้งมีความเหมาะสมกับวัยในกลุ่มที่ผู้วิจัยศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แบบวัดมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ (รายละเอียดของข้อคำถามที่วัดในแต่ละด้านแสดงในตารางที่ 9) ซึ่งมีทั้งข้อคำถามที่ถามเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นโดยตรง และข้อคำถามที่ประยุกต์ขึ้นสร้างเป็นสถานการณ์หรือยกตัวอย่างที่นักเรียนพบเห็นอยู่ในชีวิตประจำวันเพื่อถามเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้น ครอบคลุมด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน คือ

1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
2. การสังเกต ลงความเห็นและมีความรับผิดชอบตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์
4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์
7. มายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์
8. ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 9 ตารางแสดงรายละเอียดแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา

Aspect (ด้าน)	ข้อที่
1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1
2. การสังเกต ลงความเห็นและมีความเป็นตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	4, 7 (6, 9, 10)
3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์	5
4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	8 (3, 4, 6, 7, 9, 10)
5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	9 (3, 6, 7, 10)
6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์	10 (6, 9)
7. ภาษาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2, 3
8. ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	6 (9, 10)

หมายเหตุ: หมายเลขข้อที่อยู่ในวงเล็บ หมายถึง ข้อที่มีความเชื่อมโยงและสามารถวัดด้านนั้นได้

ตัวอย่างแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

“ข้อ 6. หลังจากทีนักวิทยาศาสตร์พัฒนาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาแล้ว (เช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งตามความเชื่อของนักเรียน

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ให้อธิบายว่าเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ :

a) อธิบายว่าเพราะเหตุใดทฤษฎีจึงเปลี่ยนแปลง

b) ทำไมเราจึงต้องเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในเมื่อสักวันหนึ่งทฤษฎีนั้นๆ ต้องเปลี่ยนแปลงไป จงอธิบายประกอบการยกตัวอย่าง”

แบบวัดมุมมองฉบับจริงผู้วิจัยได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง ซึ่งการนำแบบวัดมุมมอง
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาใช้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษากรอบเนื้อหาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของ Lederman และคณะ (2002)
ซึ่งประกอบด้วยด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 8 ด้านดังกล่าวข้างต้น โดย Lederman และคณะ
ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามกรอบนี้ เครื่องมือนี้คือ Views
of Nature of Science Form C (VNOS Form-C) ซึ่งเป็นแบบที่พัฒนามาสำหรับวัดความสามารถของ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับมหาวิทยาลัยในการอธิบาย ขยายความและตีความ
เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ โดยลักษณะเครื่องมือเป็นคำถามปลายเปิด 10 ข้อ
2. ผู้วิจัยทำการแปลแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ VNOS Form-C เป็นภาษาไทย
ร่วมกับนักศึกษาปริญญาโทที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อีก 1 ท่าน แล้วให้อาจารย์
ที่ปรึกษาตรวจสอบและปรับแก้ความถูกต้องของการแปล จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน
2 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญทางการวัด
และประเมินผลการเรียนรู้ 1 ท่าน ตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้องของการแปลและ
ความเหมาะสมของภาษา จากการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้รับข้อเสนอแนะเพื่อนำมา
ปรับปรุงแบบวัดมุมมอง ดังนี้ 1) ปรับภาษาให้กระชับขึ้นและเหมาะสมกับวัยของนักเรียน และ
2) ปรับคำถามบางข้อที่มีคำถามซ้อนคำถามให้แยกออกมาเป็นข้อคำถามย่อยๆ จะช่วยให้ง่าย
ต่อการเข้าใจคำถามและการตอบคำถามของนักเรียนได้ครบตามประเด็นที่ต้องการ
3. นำข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงภาษาที่ใช้และรูปแบบข้อคำถาม และให้
อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปทดลองใช้
4. ทดลองใช้แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่มที่มีบริบทใกล้เคียง
กับกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 20 คน นำผลจากการทดลองใช้แก้ไขปรับปรุงแบบวัดร่วมกับอาจารย์ที่
ปรึกษา ซึ่งมีข้อปรับปรุง ดังนี้ 1) ปรับภาษาในข้อคำถามให้ชัดเจนยิ่งขึ้นเนื่องจากยังมีนักเรียนตอบ
ไม่ตรงคำถาม 2) ปรับรูปแบบข้อคำถามให้ง่ายต่อการตอบเพื่อให้ นักเรียนตอบได้ครบทุกประเด็น
ตามขอบเขตที่ผู้วิจัยวางไว้ และ 3) ปรับข้อคำถามบางข้อที่ใช้คำซับซ้อนนักเรียนส่วนใหญ่อ่านแล้ว
ตอบไม่ตรงคำถามมาเป็นสถานการณ์ที่พบเห็นได้ในสังคมไทยที่นำไปสู่ด้านเป้าหมายได้ชัดเจนขึ้น

5. ปรับแก้แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอข้างต้น และนำไปใช้ในการวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยกำหนดเวลาในการทำแบบวัด 60 นาที

4. แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้วิจัยบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้และผลจากการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ โดยบันทึกหลังจากการจัดการเรียนการสอนทุกครั้ง โดยผู้วิจัยมีขั้นตอนในการสร้างแบบบันทึกการเรียนรู้ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้จากเอกสารต่างๆ เพื่อกำหนดประเด็นการบันทึกของผู้วิจัย
2. สร้างแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้และนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมและปรับแก้ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับชำนาญการพิเศษ 1 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญคือ ควรกำหนดประเด็นการบันทึกให้สะดวกแก่การบันทึกและสามารถสะท้อนแนวทางการปฏิบัติให้เหมาะสมในการสอนครั้งต่อไป
3. ปรับปรุงแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ได้แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ที่มีกรอบการบันทึก ได้แก่ กิจกรรมที่ใช้ในแต่ละขั้นการเรียนรู้ (ขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป) ผลการใช้กิจกรรม จุดเด่นในกิจกรรม จุดด้อยที่ควรพัฒนา แนวทางการพัฒนา ปัญหาและอุปสรรคในภาพรวมและแนวทางแก้ไข (ภาคผนวก ก)

5. แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย

แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัยจัดทำขึ้นเพื่อให้ครูผู้ช่วยวิจัย ซึ่งเป็นครูที่สอนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามาก่อนที่ผู้วิจัยจะเข้ามาทำวิจัย ช่วยบันทึกพฤติกรรมต่างๆ ของผู้วิจัยและนักเรียนที่เกิดขึ้นในห้องเรียนขณะที่ผู้วิจัยทำการสอน เพื่อสะท้อนการสอนของผู้วิจัย และร่วมกับผู้วิจัย

ในการหาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยแนวทางการสร้างแบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษารูปแบบของแบบสังเกตการสอนจากเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน

2. สร้างแบบสังเกตการสอนและนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเหมาะสมและปรับแก้ จากนั้นนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 2 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และครูผู้สอนวิชาชีววิทยาระดับชำนาญการพิเศษ 1 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสังเกตการสอน ซึ่งมีข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ควรกำหนดประเด็นการบันทึกให้สะดวกแก่การบันทึกและครอบคลุมประเด็นต่างๆ ที่ต้องการสะท้อนผลจากการสอน

3. ได้แบบสังเกตการสอนที่มีกรอบการบันทึก ได้แก่ พฤติกรรมที่สังเกตพบของครูและนักเรียนในขั้นตอนต่างๆ ของการสอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน ขั้นสรุป การบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการวัดผล ข้อเสนอแนะในการสอนขั้นตอนต่างๆ ตามลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของสื่อการสอน และเวลา (ภาคผนวก ก)

6. แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน

แบบบันทึกอนุทินของนักเรียนเป็นแบบบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งมีการกำหนดหัวข้อให้นักเรียนเขียนบันทึก จุดมุ่งหมายของการใช้อนุทิน เพื่อเป็นข้อมูลที่สะท้อนความเข้าใจแนวคิด และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากการจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะช่วยตรวจสอบและยืนยันผลจากการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อีกทั้งเป็นการสะท้อนการสอนของครูในมุมมองของนักเรียนอีกด้วย ผู้วิจัยมีแนวทางในการสร้างแบบบันทึกอนุทินของนักเรียน ดังนี้

1. ศึกษารูปแบบของแบบบันทึกอนุทินของนักเรียนจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ จากนั้นสร้างหัวข้อในการบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

จากแผนภาพ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยแต่ละข้อดังนี้

คำถามวิจัยข้อ 1 “การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนสามารถพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้หรือไม่ อย่างไร” ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยจัดการทดสอบก่อนเรียน ด้วยแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้เวลา 120 นาที และแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้เวลา 60 นาที โดยจัดการทดสอบต่างวันกันเพื่อลดความอ่อนล้าจากการทำแบบทดสอบ ซึ่งอาจมีผลต่อการตอบคำถามในแบบวัดเนื่องจากแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ ต้องใช้การเขียนบรรยายเพื่ออธิบายคำตอบ

2. เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนการสอน โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 9 แผน ซึ่งแต่ละครั้งที่สอนผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในชั้นสังเกตการณ์ (Observe) และเพื่อให้การเก็บข้อมูลเชื่อถือได้ ผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคนิคสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (methodological triangulation) กล่าวคือ การใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลวิธีการต่างๆ กัน เพื่อรวบรวมข้อมูลเดียวกัน (สุภางค์ จันทวานิช, 2553) โดยเก็บข้อมูลจากหลายแหล่ง ทั้งจากตัวผู้วิจัยเอง ครูผู้ช่วยวิจัย และนักเรียน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก 1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะบันทึกทุกครั้งหลังสอน 2) แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย 3) แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน โดยให้นักเรียนบันทึกทุกครั้งหลังจากการสอน 4) ใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน และ 5) เทปอัดเสียงการสอน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาร่วมพิจารณาในการอภิปรายผลการพัฒนาแนวคิดและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จากการวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

3. เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดการเรียนการสอน หลังจากดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 9 แผนแล้ว ทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดแนวคิดเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ฉบับเดิม โดยใช้เวลา 120 นาที และแบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้เวลา 60 นาที ซึ่งทำการทดสอบต่างวันกันเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนเรียน

คำถามวิจัยข้อ 2 “การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีกระบวนการจัดการเรียนการสอนอย่างไร” ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลในช่วงระหว่างการจัดการเรียนการสอนทั้ง 9 แผน โดยแต่ละครั้งที่สอนผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนของตนเองหลังจากการสอนแต่ละครั้งเสร็จสิ้นและผลสะท้อนการสอนของครูผู้ช่วยวิจัยและนักเรียน (ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)) แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงแผนการสอนในวงจรต่อไป และเพื่อให้การเก็บข้อมูลเชื่อถือได้ผู้วิจัยจึงได้ใช้เทคนิคสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล เช่นเดียวกับการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจาก 1) แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย 2) แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย 3) แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และ 4) เทปอัดเสียงการสอน โดยเมื่อมีปัญหาหรือข้อบกพร่องเกิดขึ้นในการสอนผู้วิจัยจะหาทางแก้ไขและนำไปปรับปรุงในการสอนครั้งต่อไป และเก็บรวบรวมข้อเรียนรู้ที่ได้จากการปฏิบัติเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้านการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จากแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมแบบวัดแนวคิดแยกเป็นแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ให้รหัสแบบวัดแต่ละฉบับโดยใช้ตัวอักษร P แทนแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง A แทนแบบวัดฉบับก่อนเรียน B แทนแบบวัดฉบับหลังเรียน ตามด้วยตัวเลข 2 หลัก ตามลำดับเลขที่ของนักเรียนในห้องเรียน เช่น PA01 คือคำตอบจากแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงก่อนเรียนของนักเรียนเลขที่ 1 เป็นต้น เพื่อใช้ในการอ้างอิงคำตอบในการรายงานผลการวิจัย

2. วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดแต่ละข้อ แล้วจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งปรับมาจากการจัดกลุ่มแนวคิดของ Westbrook และ Marek (1992) เนื่องจากแบบวัดที่ใช้ในครั้งนี้มีหลายรูปแบบคือ มี 2 ตอน โดย ตอนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบ และวาดภาพประกอบคำบรรยาย ตอนที่ 2 เป็นแบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น (two-tier)

ซึ่งมีทั้งแบบที่มีคำตอบถูกคำตอบเดียวและมีคำตอบถูกหลายคำตอบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้กำหนดลักษณะการตอบในข้อคำถามแต่ละแบบของแต่ละกลุ่มแนวคิดดังตารางที่ 10

3. หาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) ซึ่งเป็นการวัดความสอดคล้องระหว่างการประเมินสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้จากผู้ประเมินตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ในการประเมินตัวอย่างเดียวกัน ณ เวลาเดียวกัน จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับ (บุญใจ ศรีสถิตยัณราทร, 2547) ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนหรือความลำเอียงที่จะเกิดขึ้นจากการประเมินได้ (Gwet, 2012) โดยในการวิเคราะห์ผลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลเบื้องต้นร่วมกับนิสิตปริญญาโททางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาอีก 2 ท่าน ซึ่งเป็นครูผู้สอนวิชาชีพวิทย์ฯ ที่มีประสบการณ์สอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและเข้าใจกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ผลจากแบบวัดแนวคิดก่อนเรียนประมาณ 10% ของข้อมูลทั้งหมด แยกตรวจอย่างอิสระโดยใช้เกณฑ์การแบ่งกลุ่มแนวคิดดังได้กล่าวแล้วข้างต้น จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเป็นรายชื่อเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน หากข้อใดมีผลการวิเคราะห์ไม่ตรงกันจะมีการอภิปรายจนได้ข้อยุติเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยนำหลักการวิเคราะห์นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือต่อไป

4. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด จากนั้นหาค่าความถี่และคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแนวคิดที่ศึกษา

5. ให้คะแนนแต่ละกลุ่มแนวคิดเพื่อนำไปเปรียบเทียบการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในภาพรวมทุกแนวคิดระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยให้ระดับคะแนนดังนี้

มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ ให้ 4 คะแนน

มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน ให้ 3 คะแนน

มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ให้ 2 คะแนน

มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

ไม่มีความเข้าใจแนวคิด ให้ 0 คะแนน

ตารางที่ 10 แสดงรายละเอียดการจัดกลุ่มแนวคิดจากแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

กลุ่มคำตอบ	ความหมาย	ลักษณะคำตอบในรูปแบบข้อคำถามแต่ละแบบ		
		แบบเขียนตอบ	แบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น	
			คำตอบเดียว	หลายคำตอบ
มีความเข้าใจถูกต้อง สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)	ตอบคำถามตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์ครบทุก องค์ประกอบของแนวคิด นั้น	คำตอบตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์ครบทุก องค์ประกอบของแนวคิด นั้น	คำตอบถูก เหตุผลตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์ครบทุก องค์ประกอบของแนวคิดนั้น	คำตอบถูกทุกคำตอบ เหตุผลตรง กับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ครบทุก องค์ประกอบของแนวคิดนั้น
มีความเข้าใจถูกต้อง บางส่วน (Partial Understanding: PU)	ตอบคำถามตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิด นั้น	คำตอบตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิด นั้น อาจไม่ครบทุก องค์ประกอบ แต่ไม่มี คำอธิบายที่คลาดเคลื่อน	คำตอบถูก เหตุผลถูกต้องตรงกับแนวคิด เชิงวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิดนั้น แต่ไม่มีคำอธิบายที่คลาดเคลื่อน	คำตอบถูกอย่างน้อย 1 คำตอบ เหตุผลถูกต้องตรงกับแนวคิดเชิง วิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบของแนวคิดนั้น แต่ไม่มีคำอธิบายที่คลาดเคลื่อน
มีความเข้าใจถูกต้อง บางส่วนและ คลาดเคลื่อนบางส่วน	ตอบคำถามตรงกับแนวคิด วิทยาศาสตร์บางส่วน แต่มีคำตอบบางส่วน	คำตอบตรงกับแนวคิด วิทยาศาสตร์บางส่วน แต่มีคำตอบบางส่วน	คำตอบถูกหรือผิด และเหตุผลถูกต้อง กับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์บางส่วน แต่บางส่วนคลาดเคลื่อนจากแนวคิด	คำตอบมีทั้งคำตอบที่ถูกและผิด และเหตุผลถูกต้องตรงกับแนวคิดเชิง วิทยาศาสตร์บางส่วน แต่บางส่วน

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กลุ่มคำตอบ	ความหมาย	ลักษณะคำตอบในรูปแบบข้อคำถามแต่ละแบบ		
		แบบเขียนตอบ	แบบชนิดข้อคำถาม 2 ชั้น	
			คำตอบเดียว	หลายคำตอบ
(Partial understanding with Specific misconception: PS)	คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์	คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์	วิทยาศาสตร์	คลาดเคลื่อนจากแนวคิดวิทยาศาสตร์
มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (Specific Misconception: SM)	ตอบคำถามไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งหมด	ตอบคำถามไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ทุกองค์ประกอบ	คำตอบผิดและเหตุผลไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ หรือคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลขัดแย้งกับคำตอบซึ่งเป็นเหตุผลที่ไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์	คำตอบผิดทั้งหมดและเหตุผลไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ หรือมีบางคำตอบถูกแต่ให้เหตุผลขัดแย้งกับคำตอบซึ่งเป็นเหตุผลที่ไม่ตรงกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์
ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (No Understanding: N)	ไม่เขียนคำตอบ หรือตอบทวนคำถาม หรือเขียนคำตอบที่แสดงว่าไม่รู้ไม่เข้าใจ	ไม่เขียนคำตอบ หรือตอบทวนคำถาม หรือเขียนคำตอบที่แสดงว่าไม่รู้ไม่เข้าใจ	ไม่เขียนคำตอบ หรืออาจตอบถูก หรือผิด แต่ไม่เขียนเหตุผล หรือให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถาม หรือเขียนคำตอบที่แสดงว่าไม่รู้ไม่เข้าใจ	ไม่เขียนคำตอบ หรืออาจตอบถูก หรือผิด แต่ไม่เขียนเหตุผล หรือให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถาม หรือเขียนคำตอบที่แสดงว่าไม่รู้ ไม่เข้าใจ

คำนวณคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
คำนวณค่าร้อยละของคะแนนหลังเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้
ผู้วิจัยตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 60%

6. คำนวณคะแนนพัฒนาการ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ที่เสนอโดยศิริชัย กาญจนวาสี (Kanjanaawasee, 1989 อ้างใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552) ซึ่งวิธีนี้สามารถลดปัญหาการถดถอยเข้าสู่ศูนย์กลางรวมทั้งคำนึงถึงอัตราความงอกงาม เนื่องจากได้นำทั้งพัฒนาการสัมบูรณ์และพัฒนาการที่น่าจะพัฒนาได้ของแต่ละคนมาคิด ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาเรื่องอิทธิพลของเพดานคะแนนได้อีกทางหนึ่ง โดยนักเรียนที่ได้คะแนนจากการวัดครั้งแรกสูงจะมีพัฒนาการสูงกว่านักเรียนที่มีคะแนนจากการวัดครั้งแรกต่ำถึงแม้จะมีผลต่างระหว่างคะแนนจากการวัดก่อนและหลังเรียนเท่ากัน (เบญจมาภรณ์ เสนารัตน์ และ สมประสงค์ เสนารัตน์, 2553) อีกทั้งเป็นวิธีที่มีความตรงตามเกณฑ์สัมพัทธ์สูง มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำ สะดวกและเหมาะสม ในการปฏิบัติสำหรับครู (อวยพร เรื่องตระกูล, 2544; นิอร ไชยพรพัฒนา, 2549) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$RG = \frac{100 (X_{\text{post}} - X_{\text{pre}})}{(Y - X_{\text{pre}})}$$

โดยที่	RG	คือ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score)
	Y	คือ คะแนนเต็มในการวัด
	X_{post}	คือ คะแนนการวัดครั้งหลัง
	X_{pre}	คือ คะแนนการวัดครั้งแรก

คำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนน
พัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยกับระดับพัฒนาการดังนี้

0 – 25 คะแนน	จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับต้น
26 – 50 คะแนน	จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับกลาง
51 – 75 คะแนน	จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูง
76 – 100 คะแนน	จัดอยู่ในกลุ่ม พัฒนาการระดับสูงมาก

7. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียนและใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยอ่านทบทวนแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียนอย่างละเอียด จัดกลุ่มประเด็นที่ได้จากเครื่องมือแต่ละประเภท แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ร่วมกับผลที่ได้จากแบบวัดแนวคิด โดยในการอ้างอิงถึงอนุทินของนักเรียนในผลการศึกษา กำหนดรหัส J แทนอนุทินตามด้วยเลขที่ของนักเรียน เช่น J01 หมายถึง อนุทินของนักเรียนเลขที่ 1 เป็นต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลด้านการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้านการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รวบรวมแบบวัดมุมมองแยกเป็นแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน ให้รหัสแบบวัดแต่ละฉบับโดยใช้ตัวอักษร N แทนแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ A แทนแบบวัดก่อนเรียน B แทนแบบวัดหลังเรียน ตามด้วยตัวเลข 2 หลัก ตามลำดับเลขที่ของนักเรียนในห้องเรียน เช่น NA01 คือคำตอบจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนเลขที่ 1 เป็นต้น เพื่อใช้ในการอ้างอิงคำตอบในการรายงานผลการวิจัย

2. วิเคราะห์เนื้อหา จากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แต่ละข้อ แล้วจัดกลุ่มมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็น 4 กลุ่ม โดยปรับปรุงมาจาก Ho-Wisniewski (2008) มีรายละเอียดดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงรายละเอียดการจัดกลุ่มมุมมองจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

กลุ่มมุมมอง	ลักษณะคำตอบ
มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (Informed view: IV)	นักเรียนสามารถบอกถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดได้อย่างสมบูรณ์
มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (Transition view: TV)	นักเรียนสามารถบอกถึงลักษณะที่ต้องการวัดได้บางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์ หรือมีมุมมองตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์บางส่วนและไม่เป็นไปตามตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์บางส่วน

ตารางที่ 11 (ต่อ)

กลุ่มมุมมอง	ลักษณะคำตอบ
มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติ ประชาคมวิทยาศาสตร์ (Naïve view: NV)	นักเรียนไม่สามารถบอกถึงลักษณะธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัดได้ตามมติประชาคม วิทยาศาสตร์
ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (Not categorized: NC)	นักเรียนตอบไม่ตรงคำถาม ไม่ตอบ หรือตอบว่าไม่ทราบ

3. หากความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน ซึ่งในการวิเคราะห์ผลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลเบื้องต้นร่วมกับนิสิตปริญญาโทและเอกทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาอีก 2 ท่าน ซึ่งเป็นนิสิตที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเข้าใจกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ผลจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนประมาณ 10% ของข้อมูลทั้งหมด แยกตรวจอย่างอิสระโดยใช้เกณฑ์การแบ่งกลุ่มมุมมองดังได้กล่าวแล้วข้างต้น จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเป็นรายชื่อเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียน หากข้อใดมีผลการวิเคราะห์ที่ไม่ตรงกันจะมีการอภิปรายจนได้ข้อยุติ เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยนำหลักการวิเคราะห์นี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือต่อไป

4. วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด หาค่าความถี่และคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มมุมมองทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน ในแต่ละด้านที่ศึกษา

5. ให้คะแนนแต่ละกลุ่มมุมมองเพื่อนำไปเปรียบเทียบการพัฒนามุมมองของนักเรียนในภาพรวมของทุกด้านระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยให้ระดับคะแนนดังนี้

มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ให้ 3 คะแนน

มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน ให้ 2 คะแนน

มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ให้ 1 คะแนน

ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ ให้ 0 คะแนน

คำนวณคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
คำนวณค่าร้อยละของคะแนนหลังเรียนเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้
ผู้วิจัยตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 60%

6. คำนวณคะแนนพัฒนาการซึ่งใช้สูตรในการคำนวณเช่นเดียวกับการพัฒนาแนวคิด
และคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการ
สัมพัทธ์เฉลี่ยกับเกณฑ์ระดับพัฒนาการ โดยใช้เกณฑ์เดียวกับการพัฒนาแนวคิด

7. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครู
ผู้ช่วยวิจัยและแบบบันทึกอนุทินของนักเรียน โดยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยอ่านบทวนแบบบันทึก
การจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย และแบบบันทึกอนุทินของนักเรียน
อย่างละเอียด จัดกลุ่มประเด็นที่ได้จากเครื่องมือแต่ละประเภท แล้วนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์
ร่วมกับผลที่ได้จากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลในการเสนอแนะแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการ
สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วย
แสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยสังเคราะห์แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการ
สอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดและมุมมองธรรมชาติ
ของวิทยาศาสตร์จากแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย และ
แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน โดยการวิเคราะห์เนื้อหา และการตีความสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย
(Analysis induction) ซึ่งเป็นการหาลักษณะร่วมของข้อมูลรูปธรรม เพื่อสร้างข้อสรุปที่เป็น
นามธรรมว่าสิ่งที่เป็นรูปธรรมเหล่านั้นมีลักษณะอย่างไร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553) โดยผู้วิจัย
ได้วิเคราะห์การสอนแต่ละครั้งว่ามีจุดแข็ง จุดอ่อนอย่างไร มีข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาดังกล่าว
อย่างไร โดยสรุปเป็นข้อมูลไว้ เมื่อทำการจัดการเรียนการสอนครบทั้ง 9 แผนการสอน จะเชื่อมโยง
ข้อสรุปจากจุดแข็งและข้อเสนอแนะในการสอนแต่ละครั้งเพื่อสังเคราะห์เป็นการจัดการเรียนการ
สอนจากการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ
การสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง ในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงสำหรับนักเรียน
ในบริบทที่สอน

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ ดังนี้

1. บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน

1.1 บริบทของโรงเรียน

1.2 บริบทของห้องเรียน

2. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

2.1 การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละแนวคิด

2.2 การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวม

2.3 อภิปรายผลการศึกษา

3. การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

3.1 การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน

3.2 การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

3.3 อภิปรายผลการศึกษา

4. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

4.1 แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจากการปฏิบัติที่ดี (Best Practice)

4.2 คุณลักษณะของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

บริบทของโรงเรียนและห้องเรียน

1. บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนที่ผู้วิจัยเข้าไปจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่มีมาตรฐานการศึกษาที่ดีและเป็นที่ยอมรับของบุคคลทั่วไป โดยสังเกตได้จากปริมาณนักเรียนที่มีความประสงค์จะเข้าศึกษาและผลการรับรองของสำนักงานการประเมินคุณภาพมาตรฐานศึกษา (สารสนเทศโรงเรียน, 2555) ดำเนินการในระบบการประกันคุณภาพการศึกษาโดยมีมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานทั้งหมด 18 มาตรฐานที่สอดคล้องกับปรัชญาและวิสัยทัศน์ของโรงเรียน โดยทางโรงเรียนมีหลักปรัชญาว่า “คุณธรรมนำหน้า การศึกษาเชิดชู รู้ค่าความเป็นไทย จิตใจเอื้ออาทร” และมีวิสัยทัศน์ว่า “เป็นโรงเรียนชั้นนำของประเทศ ตามมาตรฐานสากล มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีคุณธรรม มีศักยภาพในการเรียนรู้และสร้างสรรค์ ผลงาน รักวิถีวัฒนธรรมไทย รักสิ่งแวดล้อม มีความรับผิดชอบ อยู่ในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข” โดยพันธกิจของโรงเรียนมุ่งเน้นส่งเสริมให้นักเรียนมีคุณธรรม จริยธรรม มีค่านิยมที่พึงประสงค์ มีสุนนิสัยที่ดี ขยันหมั่นเพียร เอาใจใส่สิ่งแวดล้อม และเข้าร่วมกิจกรรมพัฒนาสถานศึกษาและท้องถิ่นมีความรู้ มีความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน และนำเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสารมาใช้ในการศึกษา สำหรับครูมีพันธกิจในการส่งเสริมให้มีการพัฒนาครูอย่างต่อเนื่องเต็มตามศักยภาพ

ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนถือว่าประสบความสำเร็จค่อนข้างสูง ดูได้จากคะแนน O-NET ของนักเรียนทั้งระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6 ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศและจังหวัดในทุกรายวิชา โดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2554) บริเวณโรงเรียนมีเนื้อที่ทั้งหมด 23 ไร่ 1 งาน มีอาคารเรียนทั้งหมด 10 หลัง เปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 มีนักเรียนทั้งหมด 4,111 คน ครู 180 คน เป็นครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 25 คน จำนวนนักเรียนต่อห้องสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 50 คน มัธยมศึกษาตอนปลายโดยเฉลี่ยประมาณ 45 คน

สภาพการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่ครูใช้การสอนแบบบรรยาย ประกอบการใช้สื่อ Power Point ซึ่งทุกห้องเรียนจะมีโทรทัศน์หรือเครื่องฉายโปรเจกเตอร์ เพื่อเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ของครู และมีกิจกรรมการทดลองหรือการสำรวจตามที่เสนอไว้ในหนังสือเรียน เช่นเดียวกับวิชาชีววิทยาที่ครูใช้การสอนแบบบรรยายประกอบการใช้สื่อ Power Point เป็นหลัก ซึ่งอาจมีสื่อแอนิเมชันหรือวิดีโอเสริมในบางบทเรียน กิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจะยึดตามหนังสือเรียนของนักเรียนและคู่มือครู สำหรับด้านสภาพแวดล้อมในห้องเรียนปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เหมาะสำหรับการเรียนรู้ มีเครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีต่างๆ พร้อมและเพียงพอต่อจำนวนนักเรียน

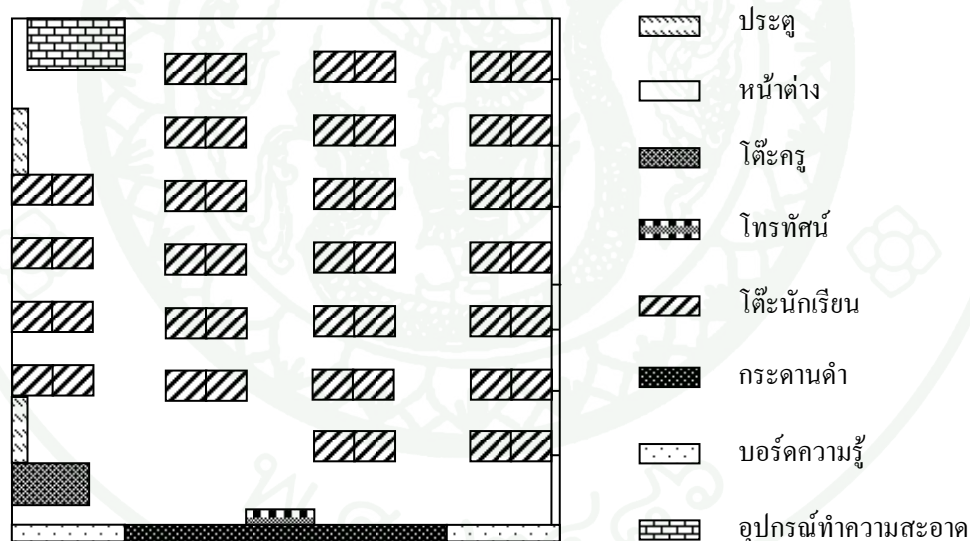
สำหรับแหล่งเรียนรู้ของโรงเรียน เนื่องด้วยโรงเรียนแห่งนี้ตั้งอยู่กลางกรุงเทพมหานคร มีแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งภายนอกโรงเรียนและภายในโรงเรียน อย่างหลากหลาย โดยภายนอกโรงเรียน ยกตัวอย่างเช่น สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และ พิพิธภัณฑ์เด็กกรุงเทพมหานคร สวนโมกข์กรุงเทพมหานคร เป็นต้น ส่วนแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน ยกตัวอย่างเช่น สวนสมุนไพร ศูนย์วัฒนธรรมไทย ศูนย์บูรณาการทางภาษา ศูนย์คณิตศาสตร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ ศูนย์อินเทอร์เน็ต ห้องเรียนสีเขียว ห้องสมุดโรงเรียน ห้องสมุดวิทยาศาสตร์ ห้องสมุดเคลื่อนที่ และคู่มือบริการข้อมูลด้าน เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปโรงเรียนที่ผู้วิจัยเข้าไปจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้เป็นโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนนักเรียนเหมาะสมกับจำนวนบุคลากรของโรงเรียน มีคุณภาพการจัดการศึกษาอยู่ในระดับสูง บริบทของโรงเรียนมีความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ตลอดจนมีแหล่งเรียนรู้ทั้งในโรงเรียนและนอกโรงเรียนที่นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองอย่างเพียงพอ และหลากหลาย สำหรับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ครูส่วนใหญ่ใช้การสอนบรรยายประกอบการใช้สื่อ

2. บริบทของห้องเรียน

ห้องเรียนที่ใช้ในการสอนครั้งนี้มี 2 ห้อง คือ ห้องเรียนประจำของนักเรียน และห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

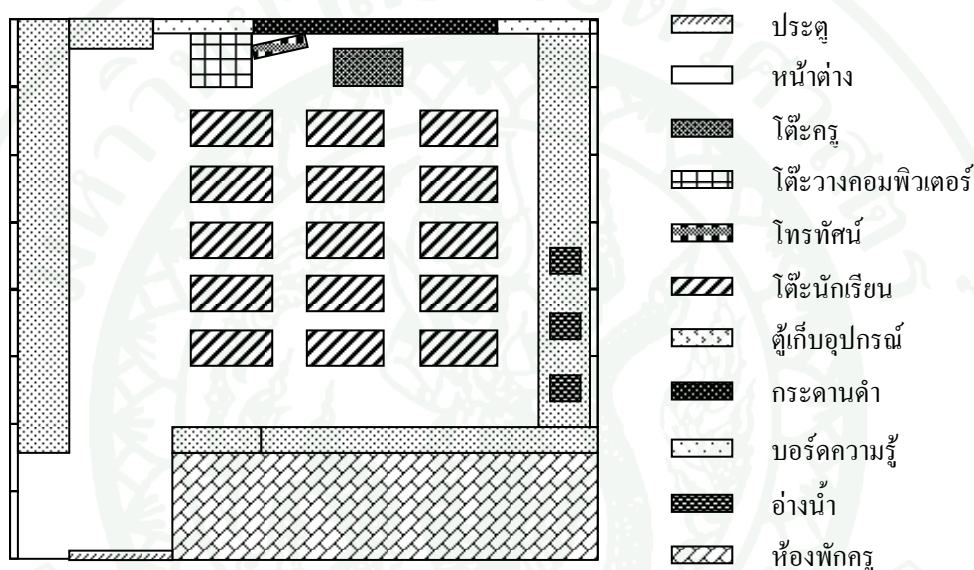
2.1 ห้องเรียนประจำ ตั้งอยู่ที่อาคาร 3 ชั้น 3 มีประตู 2 บาน ด้านหน้าและหลังห้อง มีหน้าต่าง 8 บาน มีแสงสว่างเพียงพอเนื่องจากหน้าต่างเป็นกระจกใส และมีฟลัดไฟให้ความสว่าง 9 ดวง มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก มีเสียงรบกวนจากภายนอกข้างเล็กน้อย เนื่องจากห้องเรียนอยู่ติดถนนนอกโรงเรียน แต่ไม่มากนักเพราะเป็นถนนสายเล็ก ห้องเรียนมีขนาดกว้างพอเหมาะกับจำนวนนักเรียน หน้าห้องมีโต๊ะครู 1 ตัว ภายในห้องมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวก ได้แก่ เครื่องขยายเสียง ลำโพง โทรทัศน์พร้อมสายต่อเข้าคอมพิวเตอร์ ลักษณะการจัดวางโต๊ะและเก้าอี้ของนักเรียนจัดเป็นแถว 4 แถว มีที่ว่างระหว่างแถวสำหรับเดิน โดยนักเรียนนั่งเป็นคู่ แต่ละแถวมีจำนวนโต๊ะไม่เท่ากัน เนื่องจากปรับให้เหมาะสมกับสิ่งของต่างๆ และโครงสร้างของห้องเรียน (ดังภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แผนผังห้องเรียนประจำ

2.2 ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา ตั้งอยู่ที่อาคาร 4 ชั้น 2 มีประตูเข้าออกบานเดียว ทางด้านหลังห้อง ด้านข้างทั้งสองด้านเป็นหน้าต่างใส แต่ปิดไว้เพื่อป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกห้องเรียน เนื่องจากห้องเรียนอยู่ติดถนนสายเล็กข้างโรงเรียน และหน้าต่างด้านหนึ่งมีม่านปิดตลอดแนวเพื่อป้องกันแสงสะท้อนกระดานจากภายนอก อากาศภายในห้องถ่ายเทสะดวก เนื่องจากมีพัดลมเพดาน 3 ตัว และเครื่องปรับอากาศ 2 ตัว มีแสงสว่างเพียงพอทั้งจากหน้าต่างและ

หลอดไฟในห้องเรียน หน้าห้องเรียนมีโต๊ะครู 2 ตัว โดยตัวหนึ่งเป็นโต๊ะวางเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องฉายภาพสามมิติ อีกตัวหนึ่งสำหรับวางสื่อการสอนหน้ากระดานดำ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกในห้องเรียน ได้แก่ เครื่องขยายเสียง ลำโพง เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องฉายภาพสามมิติ โทรทัศน์ เครื่องฉายโปรเจกเตอร์ พร้อมจอรับภาพ ด้านข้างและด้านหลังห้องเป็นตู้เก็บอุปกรณ์สารเคมี และสื่อการสอนต่างๆ ด้านข้างหน้าต่างด้านหนึ่งมีอ่างล้างอุปกรณ์ 3 จุด ลักษณะการจัดโต๊ะนั่งของนักเรียน เป็นการนั่งแบบกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน โดยบริเวณรอบโต๊ะมีพื้นที่ว่างไม่มากนัก อาจทำให้การเคลื่อนไหวในการทำกิจกรรมไม่สะดวกเท่าที่ควร (ดังภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 แผนผังห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา



ภาพที่ 10 ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา

โดยภาพรวมสภาพห้องเรียนประจำและห้องปฏิบัติการทางชีววิทยามีความพร้อมสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน มีระบบการถ่ายเทอากาศที่ดี มีแสงสว่างพอเหมาะ ตลอดจนมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนการสอนพร้อมโต๊ะและเก้าอี้สามารถเคลื่อนย้ายให้เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม แต่ห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาอาจมีพื้นที่ระหว่างโต๊ะไม่มากนัก

การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ผู้วิจัยได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละแนวคิด และการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละแนวคิด

จากการทดสอบวัดแนวคิดก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่า ก่อนการจัดการเรียนการสอน นักเรียนมีแนวคิดที่ค่อนข้างหลากหลาย มีคำตอบอยู่ในทุกกลุ่มแนวคิด แตกต่างกันตามแนวคิดและบริบทของคำถาม โดยเมื่อมองในภาพรวมแล้ว ส่วนใหญ่นักเรียนอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) แต่หลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) มีจำนวนเพิ่มขึ้น นักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) มีจำนวนลดลง ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ส่วนใหญ่มีจำนวนเพิ่มขึ้น รายละเอียดดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดในแต่ละกลุ่มก่อนเรียนและหลังเรียน

แนวคิด	ข้อ	แนวคิดของนักเรียน (%)									
		CU		PU		PS		SM		N	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	1	0.00	43.75	10.42	16.67	18.75	39.58	25.00	0.00	45.83	0.00
1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์	1	0.00	45.83	6.25	25.00	0.00	22.92	10.42	4.17	83.33	2.08
1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์	4	8.33	64.58	4.17	14.58	4.17	6.25	25.00	6.25	58.33	8.34
1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	7	0.00	18.75	37.50	45.83	50.00	33.34	0.00	0.00	12.50	2.08
	8	0.00	8.33	22.92	62.50	8.33	12.50	31.25	10.42	37.50	6.25
	9	0.00	29.17	4.17	52.08	27.08	8.33	35.42	8.34	33.33	2.08
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	2.1	0.00	8.33	37.50	62.50	31.25	29.17	2.08	0.00	29.17	0.00
2.1 ปฏิกริยาแสง	2.2	0.00	29.16	0.00	35.42	0.00	4.17	25.00	0.00	75.00	31.25
	3	0.00	18.75	0.00	37.50	0.00	0.00	2.08	8.33	97.92	35.42
	10	0.00	58.33	2.08	6.25	52.08	31.25	37.50	4.17	8.34	0.00

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แนวคิด	ข้อ	แนวคิดของนักเรียน (%)									
		CU		PU		PS		SM		N	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
2.2 ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์	2.2	0.00	31.25	0.00	52.08	0.00	6.25	25.00	0.00	75.00	10.42
	3	0.00	16.67	0.00	18.75	0.00	0.00	2.08	6.25	97.92	58.33
	11	0.00	58.33	4.17	12.50	29.17	29.17	43.75	0.00	22.92	0.00
2.2.1 ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิธี C ₃	6	0.00	27.08	0.00	54.17	4.17	6.25	52.08	0.00	43.75	12.50
2.2.2 ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิธี C ₄	6	0.00	27.08	0.00	47.92	4.17	12.50	52.08	0.00	43.75	12.50
2.2.3 ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิธี CAM	6	0.00	27.08	0.00	41.67	4.17	18.75	52.08	2.08	43.75	10.42
	12	0.00	47.92	0.00	8.33	12.50	16.67	27.08	14.58	60.42	12.50
	13	0.00	2.08	2.08	27.09	18.75	64.58	31.25	6.25	47.92	0.00
2.3 โฟโตเรสไพเรชัน	5	0.00	35.42	8.33	43.75	2.08	8.33	58.34	10.42	31.25	2.08

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แนวคิด	ข้อ	แนวคิดของนักเรียน (%)									
		CU		PU		PS		SM		N	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
3. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	16	0.00	25.00	39.58	50.00	18.75	25.00	14.58	0.00	27.09	0.00
	17	0.00	25.00	10.42	37.50	20.83	25.00	22.92	2.08	45.83	10.42
4. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง	14	0.00	18.75	14.58	66.67	29.17	4.17	0.00	0.00	56.25	10.42
	15	2.08	60.42	37.50	27.08	4.17	0.00	33.33	8.33	22.92	4.17

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

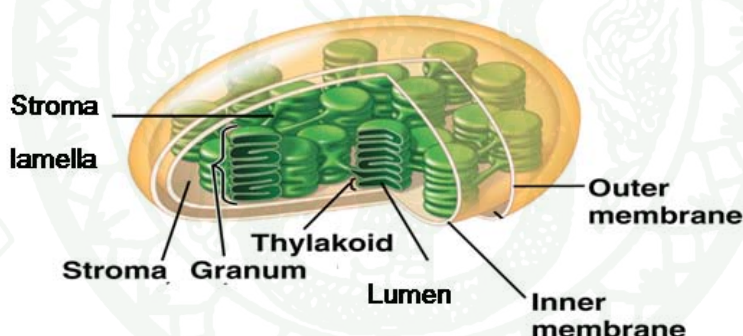
SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด

เมื่อพิจารณาในแต่ละแนวคิดพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในแต่ละแนวคิดที่ต่างกัน ผู้วิจัยจะนำเสนอรายละเอียดการพัฒนาในแต่ละแนวคิด โดยแสดงตัวอย่างคำตอบส่วนใหญ่ในแนวคิดนั้นจากแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน (สำหรับตัวอย่างคำตอบในกลุ่มอื่นๆ อยู่ในภาคผนวก ข) รวมทั้งสอดแทรกการสอน และการเรียนรู้ของนักเรียนในขณะที่เรียนในห้องเรียนในแนวคิดแต่ละแนวคิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

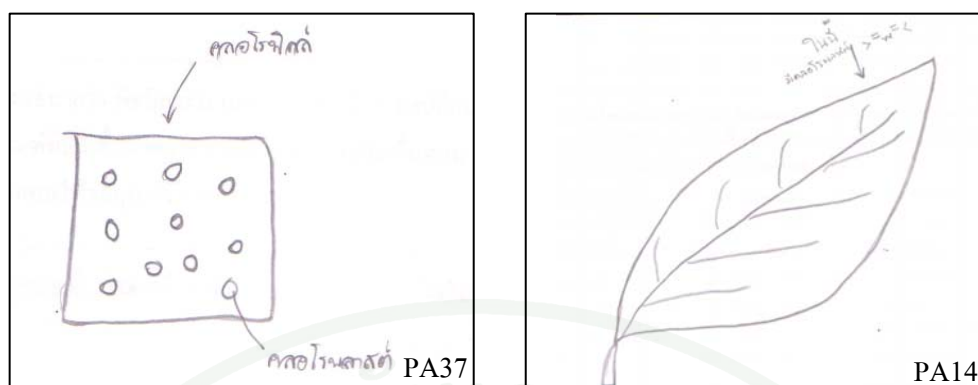
1.1) โครงสร้างของคลอโรพลาสต์

จากคำถามข้อที่ 1. ที่ถามว่า “ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของคลอโรพลาสต์ พร้อมทั้งชี้บอกตำแหน่งที่สำคัญในกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้” ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ จะต้องวาดและแสดงรายละเอียดดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ที่ถูกต้องสมบูรณ์ในการตอบคำถามข้อที่ 1

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 45.83%) โดยนักเรียนจะตอบไม่ตรงคำถามแต่พยายามพูดถึงคลอโรพลาสต์ กล่าวคือวาดเป็นรูปอื่นที่ไม่ใช่คลอโรพลาสต์ เช่น รูปเซลล์ รูปใบไม้ และชี้บอกว่ามีคลอโรพลาสต์อยู่ภายใน เป็นต้น รองลงมา เป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 25.00%) ซึ่งนักเรียนวาดรูปไม่ถูกต้องและบอกตำแหน่งไม่ถูกต้อง เช่น บอกว่าคลอโรพลาสต์อยู่ในคลอโรฟิลล์ หรือคลอโรฟิลล์เรียงซ้อนกันเป็นตั้งอยู่ในคลอโรพลาสต์ เป็นต้น (ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน) ดังตัวอย่างในภาพที่ 12 และไม่มีนักเรียนคนใดมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU)



ก. กลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM)

ข. กลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N)

ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนก่อนเรียน

จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลจากการทดสอบก่อนเรียนไปใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน ซึ่งสำหรับการสอนแนวคิดนี้ผู้วิจัยขอให้รายละเอียดในการสอนเพื่อเป็นตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการจัดการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้

สำหรับการสอนเพื่อพัฒนาแนวคิดนี้ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำกิจกรรม “คลอโรพลาสต์ของฉัน” โดยผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการให้นักเรียนวาดรูป “คลอโรพลาสต์ที่ฉันเคยรู้” ซึ่งพบว่านักเรียนวาดภาพออกมาได้หลากหลาย จากนั้นใช้คำถามสืบเสาะเพื่อให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่จะใช้เป็นคำถามนำในการทำกิจกรรมในครั้งนี้ และเพื่อนำนักเรียนไปสู่การหาหลักฐานเพื่อตอบคำถามนั้น คำถามของผู้วิจัยที่ใช้ในการสืบเสาะดังกล่าวมีดังนี้

ผู้วิจัย : คลอโรพลาสต์ที่นักเรียนวาดมามีหลากหลายมาก แล้วถ้าหากนักเรียนต้องการทราบว่าคลอโรพลาสต์ที่แท้จริงนั้นมีโครงสร้างเป็นอย่างไร นักเรียนจะทำอย่างไร

นักเรียน : นำส่วนของต้นไม้ที่มีสีเขียว เช่น ใบ มาส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์

ผู้วิจัย : กล้องจุลทรรศน์ที่นักเรียนเคยใช้ที่โรงเรียนเป็นแบบใด

นักเรียน : แบบใช้แสง

ผู้วิจัย : นักเรียนเคยนำใบไม้มาส่องดูใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงไหมคะ

นักเรียน : เคย

ผู้วิจัย : เคยใช้ใบอะไรคะ

นักเรียน : ใบสาหร่ายหางกระรอก

ผู้วิจัย : แล้วนักเรียนมองเห็นคลอโรพลาสต์ของใบสาหร่ายหางกระรอกไหมคะ

(นักเรียนส่วนหนึ่งบอกว่าเห็น อีกส่วนบอกว่าไม่เห็น)

ผู้วิจัย : งั้นเรามาดูกันไหมคะ ว่าตกลงเราสามารถมองเห็นคลอโรพลาสต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงหรือไม่

(ผู้วิจัยนำภาพเซลล์สาหร่ายหางกระรอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงฉายขึ้น

จอโทรทัศน์ให้นักเรียนดู)

นักเรียน : ที่เห็นเป็นเม็ดเล็กๆสีเขียวๆนั้นใช่คลอโรพลาสต์หรือเปล่าคะ

ผู้วิจัย : นักเรียนคิดว่าใช่ไหมคะ

นักเรียน : ใช่

ผู้วิจัย : ทำไมจึงคิดว่าใช่

นักเรียน : เพราะออร์แกเนลที่มีสีเขียวในเซลล์น่าจะมีแต่คลอโรพลาสต์

ผู้วิจัย : ถูกต้องค่ะ แล้วตอนนี้เรามองเห็นโครงสร้างของคลอโรพลาสต์แล้วยังคะ

นักเรียน : ยัง

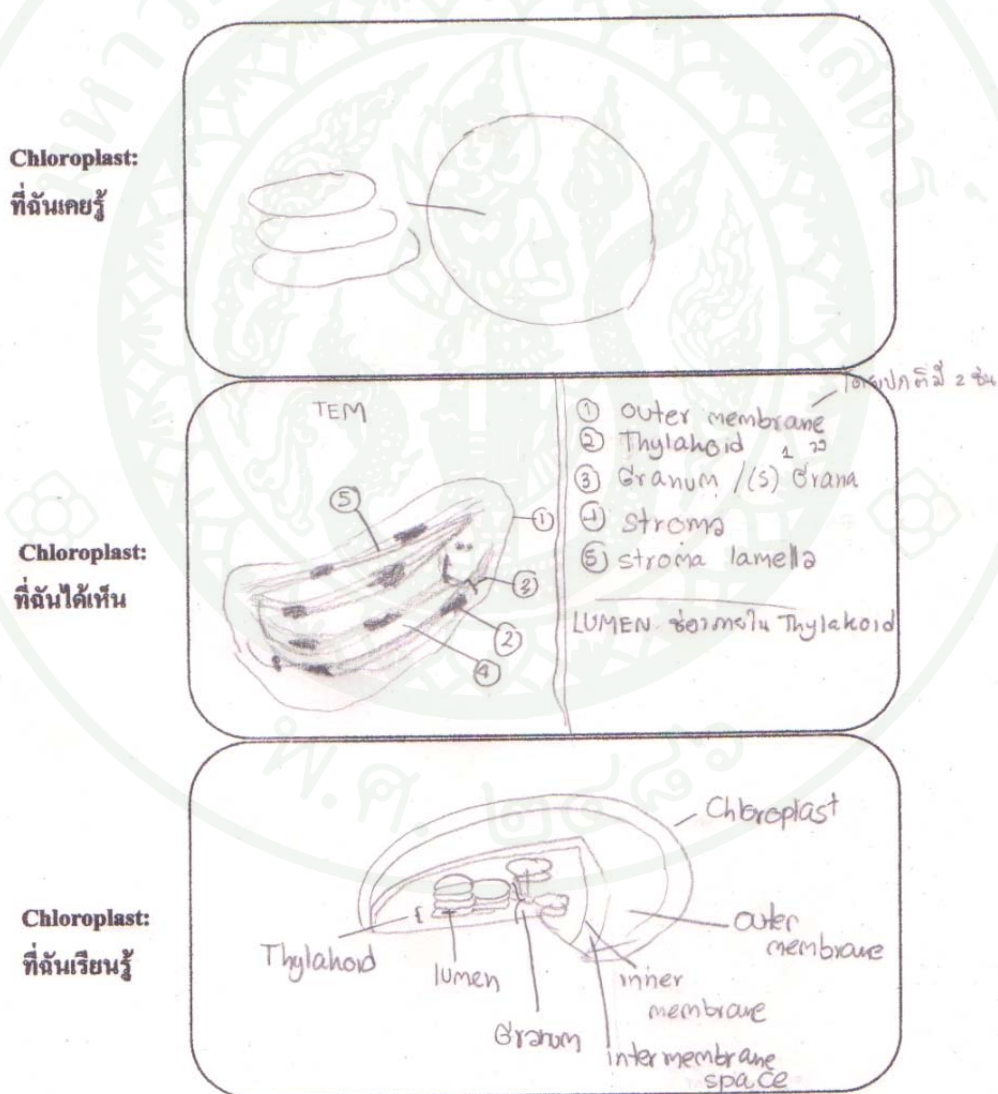
ผู้วิจัย : ถ้าเราต้องการเห็นโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ชัดเจนขึ้นถึงโครงสร้างภายในคลอโรพลาสต์ เราจะทำอย่างไรดี

นักเรียน : นำไปดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

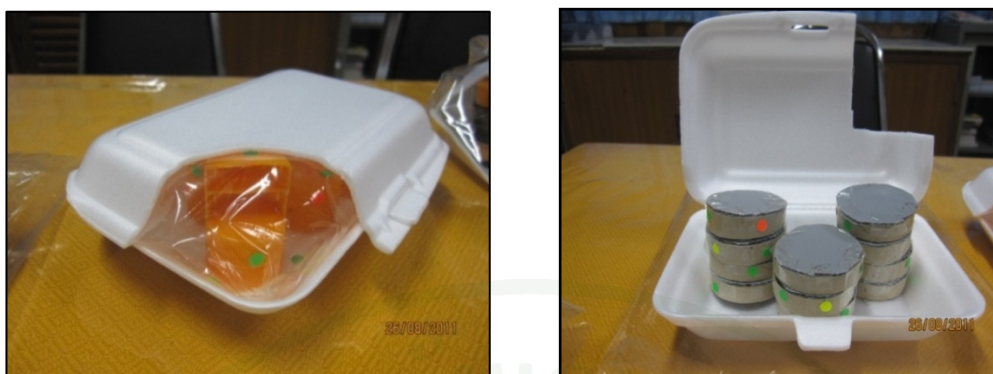
(ถอดเทปการสอนวันที่ 24 สิงหาคม 2554)

จากนั้นผู้วิจัยนำภาพโครงสร้างคลอโรพลาสต์ที่ถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนทั้งแบบส่องกราดและแบบส่องผ่านให้นักเรียนสังเกตโครงสร้างของคลอโรพลาสต์และให้นักเรียนวาดภาพ “คลอโรพลาสต์ที่ฉันได้เห็น” ในใบงาน และให้ตัวแทนนักเรียนออกมาวาดภาพที่ได้เห็นบนกระดานดำและอธิบายลักษณะโครงสร้างดังกล่าวโดยใช้คำพูดของตนเอง โดยผู้วิจัยกำหนดตัวเลขในแต่ละองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ที่นักเรียนกล่าวถึง จากนั้นให้นักเรียนศึกษาในใบความรู้ว่านักวิทยาศาสตร์ตั้งชื่อองค์ประกอบเหล่านั้นว่าอย่างไร และแต่ละส่วนมีหน้าที่อย่างไรบ้าง จากนั้นกลับมาอภิปรายร่วมกัน และวาดรูป “คลอโรพลาสต์ที่ฉันเรียนรู้” ในขั้นสรุปผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรมสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์เพื่อทบทวนโครงสร้างอีกครั้ง โดยกำหนดสิ่งของมาให้ 10 อย่าง ให้นักเรียนเลือกใช้ 5 อย่างซึ่งสิ่งของที่เลือกใช้ต้องเหมาะสมกับองค์ประกอบของโครงสร้างที่จะนำไปสร้าง ซึ่งผลจากการทำกิจกรรมพบว่านักเรียนมีพัฒนาการของแนวคิดเรื่องนี้มีมากขึ้น คูได้จากใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถวาดรูปโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ได้ถูกต้องมากขึ้น (ภาพที่ 13) และอนุทินที่นักเรียนบอกว่ากิจกรรมช่วยทำให้

นักเรียนจำโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ได้ง่ายขึ้น อีกทั้งนักเรียนยังมองเห็นการพัฒนาแนวคิดของตนเอง ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินที่ว่า “ได้ความรู้รูปแบบใหม่จากการทำกิจกรรมควบคู่ไปด้วย (อนุทินวันที่ 24 สิงหาคม 2554, J24)” “การประดิษฐ์ทำให้จำลองประกอบของคลอโรพลาสต์ได้มากขึ้น” (อนุทินวันที่ 24 สิงหาคม 2554, J28) “หนูชอบตรงที่ได้ทดสอบตัวเองก่อนว่าก่อนเรียนเรามีความรู้แค่ไหน ปกติเรามาเรียนเหมือนเพื่อมารับเฉยๆ แต่เราไม่เคยสอบถามตัวเองกลับไปว่าเรามีความรู้แค่ไหนแล้ว เราเคยรู้อะไรมาบ้าง ทำให้ได้เปรียบเทียบความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้ได้เห็นความแตกต่างของรูปที่วาดอย่างชัดเจน ทำให้รู้ว่าหลังเรียนเรารู้อะไรมาบ้าง” (อนุทินวันที่ 24 สิงหาคม 2554, J20)



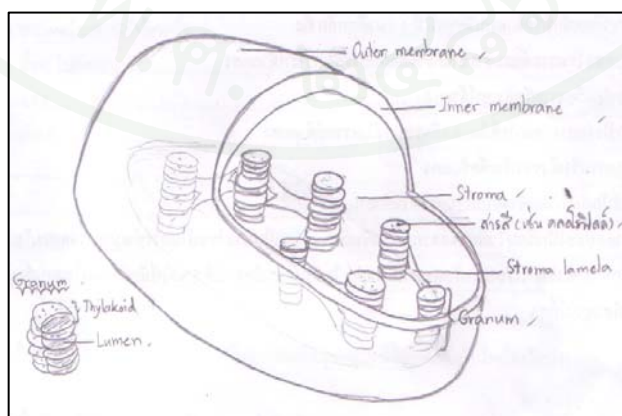
ภาพที่ 13 ตัวอย่างภาพจากใบกิจกรรมของนักเรียน (ใบกิจกรรมที่ 4 เรื่องคลอโรพลาสต์ของฉัน)



ภาพที่ 14 ตัวอย่างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

สำหรับการสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์นั้นมีข้อเสนอแนะจากครูผู้ช่วยวิจัยว่าเป็นกิจกรรมที่ดี แต่อาจลองให้นักเรียนคิดหาวัสดุมาสร้างเองจะส่งเสริมจินตนาการของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ดังข้อเสนอแนะของครูผู้ช่วยที่ว่า “กิจกรรมสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ เป็นกิจกรรมที่ดีช่วยให้นักเรียนเข้าใจในโครงสร้างที่เป็น 3 มิติดีมากเลย แต่ถ้าลองให้นักเรียนได้ออกแบบเองหรือคิดหาวัสดุเองโดยสั่งเป็นงานนอกเวลาก็น่าจะดี และเป็นการสร้างเสริมจินตนาการของนักเรียนด้วย” (แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วย, 24 สิงหาคม 2554)

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่ นักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 43.75%) ซึ่งสามารถวาดภาพโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ได้ถูกต้องและเขียนบอกตำแหน่งที่สำคัญได้ถูกต้องครบถ้วน และไม่มีนักเรียนคนใดที่อยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีแนวคิด (N)



ภาพที่ 15 ตัวอย่างคำตอบในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU)

1.2) หน้าที่ของคลอโรพลาสต์

จากคำถามข้อที่ 1 ส่วนที่สองที่ถามว่า “จากภาพที่นักเรียนวาด ตำแหน่งใดบ้างที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและสำคัญอย่างไร จงอธิบาย” ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “1) Thylakoid membrane มีความสำคัญ คือ เป็นบริเวณที่มีระบบแสงที่ช่วยในการดูดกลืนพลังงานแสง ทำให้เกิดปฏิกิริยาแสง (light reaction) 2) Stroma มีความสำคัญคือเป็นบริเวณที่มีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 fixation)”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 83.33%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีคำตอบในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) จะตอบไม่ตรงคำถาม ตอบทวนคำถามหรือไม่ตอบ เช่น “คลอโรพลาสต์ เพราะมีหน้าที่สังเคราะห์แสง (PA19)” “คลอโรพลาสต์เพราะช่วยสังเคราะห์แสง (PA44)” เป็นต้น

โดยในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยสอนในแผนเดียวกับแนวคิดเรื่องโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ ดังรายละเอียดข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 45.83%) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าตำแหน่งที่สำคัญของคลอโรพลาสต์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงคือ Thylakoid และ Stroma และบอกได้ว่าเกี่ยวข้องอย่างไร ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “thylakoid จะมีคลอโรฟิลล์อยู่ เป็นที่เกิด Light Reaction ส่วน Stroma เป็นที่เกิด CO_2 fixation เพื่อสร้างน้ำตาล (PB27)”

1.3) สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ในแนวคิดนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง 4 ข้อ แต่ละข้อถามในบริบทที่ต่างกัน ทำให้กลุ่มคำตอบของนักเรียนทั้ง 4 ข้อมีความแตกต่างกัน ซึ่งช่วยทำให้ผู้วิจัยเข้าใจแนวคิดของนักเรียนในแง่มุมต่างๆ ของแนวคิดนี้ได้มากขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากคำถามข้อที่ 4 ที่ถามว่า “คลอโรฟิลล์มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ด้วยแสง” ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ดูดกลืนพลังงานแสง”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจในแนวคิด (N: 58.33%) โดยนักเรียน จะตอบทวนคำถาม ตอบไม่ตรงคำถามหรือไม่ตอบ รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 25.00%) ซึ่งนักเรียนมีแนวคิดที่หลากหลายแต่ยังไม่ถูกต้อง เช่น “คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุชนิดหนึ่ง ช่วยในการสังเคราะห์แสง พอโดนแสงแล้วจะเปลี่ยนตัวเองไปเป็นอาหารของพืช (PA21)” “คลอโรฟิลล์เป็นสารสีเขียวที่มีหน้าที่ในการเปลี่ยนน้ำ ออกซิเจน คาร์บอน และแสงให้เข้าสู่รูปของน้ำตาล (PA31)” “เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสังเคราะห์แสง (PA34)” เป็นต้น

ในการจัดการเรียนการสอนแนวคิดนี้ ผู้วิจัยใช้การสาธิตเนื่องจากข้อจำกัดของเวลา โดยสาธิตความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารสีต่างๆ ที่ได้จากการสกัดใบไม้ โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ซึ่งทำให้นักเรียนเห็นบทบาทของสารสีต่างๆ ว่ามีความสามารถในการดูดกลืนแสงได้ ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินที่ว่า “สารสีแต่ละชนิดมีค่าการดูดกลืนแสงไม่เท่ากัน เช่น chlorophyll a และ chlorophyll b ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงแสงสีน้ำเงินม่วงและแดง carotenoid ดูดกลืนแสงได้ดีในช่วงแสงสีน้ำเงิน (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J42)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 64.58%) ซึ่งนักเรียนสามารถตอบได้ถูกต้องว่า คลอโรฟิลล์มีบทบาทในการดูดกลืนพลังงานแสง และสามารถอธิบายขยายความเกี่ยวกับคลอโรฟิลล์ได้มากกว่ากรอบคำตอบที่ผู้วิจัยตั้งไว้ซึ่งยังเป็นการเข้าใจที่ถูกต้อง ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “คลอโรฟิลล์ช่วยดูดกลืนแสง (PB01)” “มีหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงมาใช้ใน Light Reaction (PB02)” “คลอโรฟิลล์เป็นตัวช่วยในการดูดกลืนแสง แบ่งออกเป็นคลอโรฟิลล์ a และคลอโรฟิลล์ b คลอโรฟิลล์ 2 ชนิดนี้มีความสามารถในการดูดกลืนแสงแตกต่างกัน (PB18)”

คำถามข้อที่ 7 เป็นแบบข้อคำถาม 2 ชั้น ถามว่า “สิ่งมีชีวิตใดต่อไปนี้ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. สาหร่ายสีแดง	ข. สาหร่ายสีเขียว	ค. สาหร่ายสีน้ำตาล
ง. พืชดอก	จ. ไวรัส	ฉ. ไชยาโนแบคทีเรีย
ช. เห็ด	ซ. รา	ณ. มอส
ญ. เฟิร์น	ฎ. อื่นๆ โปรดระบุ.....	

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก., ข, ค, ง., ฉ., ณ. และ ญ. เพราะมีสารสีที่สามารถดูดกลืนพลังงานแสงแล้วนำมาใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (Photosynthetic Pigment) เช่น คลอโรฟิลล์ในพืช

และสาหร่าย แครอทินอยด์ในผู้ผลิตทุกกลุ่ม ไฟโคบิลินในสาหร่ายสีแดงและไซยาโนแบคทีเรีย และแบคทีเรียโอคโลโรฟิลล์ในกรีนแบคทีเรีย”

ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS: 50.00%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ทราบว่าพืชดอกและสาหร่ายสีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเห็ดและราก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ โดยให้เหตุผลว่า เป็นพืชซึ่งมีคลอโรฟิลล์หรือมีสีเขียวเหมือนกัน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ข., ง., ข., ฉ., ญ. เพราะในพืชมีคลอโรฟิลล์ที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง...(PA02)” “ข., ง., ข., ฉ., ญ. เพราะมีส่วนที่เป็นสีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (PA07)”

ในการจัดการเรียนการสอนเรื่องนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรมโครมาโทกราฟีกระดาษ เนื่องจากคำตอบของนักเรียนก่อนเรียนทำให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนส่วนใหญ่รู้จักสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงชนิดเดียวคือคลอโรฟิลล์ ซึ่งจากกิจกรรมนี้จะทำให้นักเรียนเห็นว่ามีสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงอื่นๆ อีกนอกจากคลอโรฟิลล์ เช่น แครอทินอยด์ เป็นต้น จากนั้นจึงใช้วิธีการอภิปรายถึงสิ่งมีชีวิตที่มีสารสีเหล่านี้อยู่ ว่าสิ่งมีชีวิตใดมีสารสีใดอยู่บ้าง ซึ่งหากสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นมีสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง แสดงว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นก็จะสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ ซึ่งหลังเรียนนักเรียนสามารถบอกได้ว่ามีสารสีใดบ้างที่พบในพืช แต่ไม่ได้พูดถึงสิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์ด้วยแสงได้ ดังคำพูดในอนุทินของนักเรียนที่ว่า “ในใบพืชสีเขียวไม่ได้มีแต่คลอโรฟิลล์อย่างเดียว ยังมีสารสีอื่นนอกจากคลอโรฟิลล์ ได้แก่ แครอทินอยด์ และคลอโรฟิลล์ก็มีหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J31)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 45.83%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถบอกได้ว่ามีสิ่งมีชีวิตใดบ้างที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้และยกตัวอย่างสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ง., ญ., ข., ฉ., ก. เพราะมีสารสีต่างๆ ที่สามารถทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น คลอโรฟิลล์ แครอทิน เป็นต้น (PB20)” “ก., ข., ฉ., ง. เพราะ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ล้วนแต่มีสารสีอยู่ข้างใน เช่น สาหร่ายสีแดงมีแครอทิน สาหร่ายสีเขียวและพืชดอกมีคลอโรฟิลล์ สาหร่ายสีน้ำตาลมีแซนโทฟิลล์ (PB37)”

คำถามข้อที่ 8 ถามว่า “ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ใบของต้นไม้อาจชนิดจะมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีแดง ส้ม เหลืองหรือน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงสีของใบไม้ดังกล่าว มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

- ก. ต้นไม้ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
- ข. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติ
- ค. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่น้อยกว่าปกติ
- ง. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมากกว่าปกติ
- จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก. เพราะใบที่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีอื่นเนื่องจากมีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง และมีสารสี เช่น แคโรทีนอยด์เด่นชัด ดังนั้นการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงยังคงเกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารสีอื่นสามารถดูดกลืนพลังงานแสงและนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่ที่น้อยกว่าปกติ เพราะสารสีพวกแคโรทีนอยด์ไม่สามารถนำพลังงานแสงไปใช้ได้โดยตรง ต้องถ่ายทอดพลังงานแสงให้กับคลอโรฟิลล์ ที่เป็น Reaction center อีกทอดหนึ่ง จึงสามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นการเปลี่ยนสีของใบไม้ พืชจึงยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่น้อยกว่าปกติ”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 37.50%) และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) เลือกคำตอบได้ถูกต้อง แต่เหตุผลแสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนี้ เช่น “ก. เพราะถ้าสังเคราะห์แสงไม่ได้เลย ก็จะไม่มีการหายใจ คงจะสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่น้อยหน่อย (PA29)” รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 31.25%) นักเรียนเข้าใจว่าต้นไม้มจะไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เพราะไม่มีส่วนที่เป็นสีเขียวหรือไม่มีคลอโรฟิลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก. เพราะไม่มีส่วนที่เป็นคลอโรฟิลล์จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ (PA17)” “ก. เพราะ การสังเคราะห์แสงต้องมีสีเขียว(PA04)”

ในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยใช้การอภิปรายหลังจากทำกิจกรรมโครมาโทกราฟีกระดาษเสร็จสิ้น โดยนำรูปใบพืชที่เปลี่ยนสีในฤดูใบไม้ร่วงหรือฤดูหนาว แล้วอภิปรายกับนักเรียนถึงปรากฏการณ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้น โดยใช้คำถามสืบเสาะ เช่น “ใบพืชเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีเหลืองหรือส้มได้อย่างไร” และ“การเปลี่ยนสีของใบไม้มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือไม่ อย่างไร” โดยหลังเรียนพบว่านักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์นี้มากขึ้น ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินว่า “ใบไม้เปลี่ยนสีได้เนื่องจากมีการสร้างคลอโรฟิลล์ลดลง (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J20)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 62.50%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ตอบได้ถูกต้องและอธิบายได้ว่าการที่ใบไม้เปลี่ยนสีเพราะมีคลอโรฟิลล์ลดลง แต่ยังไม่ได้อธิบายถึงบทบาทของคลอโรฟิลล์ว่าลดลงแล้วส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงในเชิงกลไกการทำงานอย่างไร ดังคำตอบของนักเรียน เช่น “ค. เพราะในฤดูใบไม้ร่วงจะมีคลอโรฟิลล์อยู่ในใบน้อย แต่มีพวกแคโรทีนอยู่ ทำให้ไม่ค่อยมีสีเขียวและการสังเคราะห์ด้วยแสงก็น้อยลงตามจำนวนของคลอโรฟิลล์ (PB21)”

คำถามข้อที่ 9 ถามว่า “จากการทดลองปลูกยาสูบจำนวนหลายกระถางในห้องทดลองโดยได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ) แต่ให้ต้นยาสูบได้รับเฉพาะแสงสีเขียวอย่างเดียวเป็นเวลานานๆ นักเรียนคิดว่าต้นยาสูบจะมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นอย่างไร

- ก. ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
- ข. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก
- ค. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงตามปกติ
- ง. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยลง
- จ อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก. ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากสารสีที่พบในพืชคือคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และแคโรทีนอยด์ไม่สามารถดูดกลืนแสงสีเขียวได้ ดังนั้นจึงทำให้ต้นยาสูบไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้”

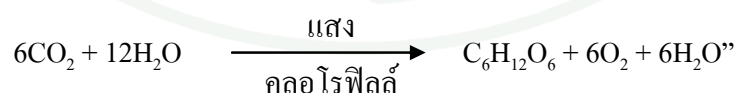
ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 35.42%) และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าแสงสีใดก็ตามพืชสามารถใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้เหมือนกัน หรือต้องการทุกสีในปริมาณที่เท่ากัน หรือพืชรับแสงได้ดีเรียงลำดับตามสีรุ้ง ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ค. พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติ เพราะยังได้รับแสงซึ่งแสงสีไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA13)” “ง. เพราะต้องการทุกสีในปริมาณเท่ากัน พอได้รับสีเขียวอย่างเดียวเลยน้อยกว่าปกติ (PA14)” “ง. พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่มีอัตราที่น้อยลง เพราะพืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทุกสี แต่พืชนั้นสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุดคือสีม่วง รองลงมาไล่ตามสีรุ้ง (PA03)”

ในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากเงื่อนไขของเวลา ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการสาธิตการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสีต่างๆ ที่ได้จากการสกัดใบไม้ คือ คลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีน และแซนโทฟิลล์ ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ และแสดงผลที่ได้จากการทดสอบออกมาให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าสารสีต่างๆ มีความสามารถในการดูดกลืนแสงเป็นอย่างไร และแสงสีใดที่พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุด ซึ่งจากการอภิปรายในชั้นเรียน นักเรียนสามารถตอบได้ว่า สารสีมีบทบาทในการดูดกลืนแสง และแสงสีแดงและน้ำเงินทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด (บันทึกหลังการสอน 26 สิงหาคม 2554)

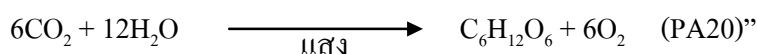
หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 52.08%) โดยนักเรียนทราบว่าคลอโรฟิลล์ไม่ดูดกลืนแสงสีเขียว และแสงสีที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีคือสีแดงและสีน้ำเงิน แต่ยังไม่พูดถึงสารสีอื่นในการดูดกลืนแสงสีเขียวเป็นอย่างไร ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก. เพราะรับเฉพาะแสงสีเขียวอย่างเดียว และคลอโรฟิลล์จะไม่ดูดแสงสีเขียว (PB34)” “ก. แสงสีที่เหมาะสมแก่การสังเคราะห์ด้วยแสงคือแสงสีแดง (PB25)”

2) กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จากคำถามข้อที่ 2.1 ที่ถามว่า “ตามความเข้าใจของนักเรียน “การสังเคราะห์ด้วยแสง” คืออะไร จงอธิบายพร้อมทั้งเขียนสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ถูกต้อง” ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ “การสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่ผู้ผลิตเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น โดยใช้พลังงานแสงสร้างสารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์ คือ สร้างคาร์โบไฮเดรต จากคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และยังได้ก๊าซออกซิเจนออกมาเป็นผลผลิตพลอยได้ ดังสมการ



ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 37.50%) และไม่มีนักเรียนคนใดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) ให้ความหมายของการสังเคราะห์ด้วยแสงว่าเป็นการสร้างอาหารของพืชและสามารถเขียนสมการได้แต่ยังไม่สมบูรณ์ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “การที่พืชสร้างอาหารโดยใช้ CO_2 และ H_2O ได้ O_2 และ $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ดังสมการ

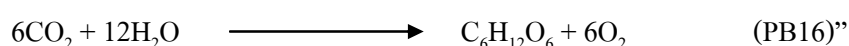


ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรม โดยใช้เทคนิค P.O.E. เริ่มต้นจากการนำสารอินดิเคเตอร์คือโบรโมไทมอลบลูหยดลงในน้ำแล้วให้นักเรียนออกมาเป่าลมหายใจลงไป ในน้ำนั้น ให้นักเรียนทำนาย (Predict) สังเกต (Observe) และอธิบาย (Explain) สิ่งที่เกิดขึ้น (น้ำจะเปลี่ยนสีเนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากลมหายใจทำปฏิกิริยากับน้ำทำให้ pH ของน้ำลดลง ซึ่งสามารถเปลี่ยนสีอินดิเคเตอร์ได้) จากนั้นผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ว่า หากครูแบ่งน้ำดังกล่าว เป็น 2 ส่วน ใส่สาหร่ายหางกระรอกลงไป ส่วนหนึ่งนำไปไว้ในที่มีด อีกส่วนหนึ่งนำไปไว้ในที่ โคนแสง ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง นักเรียนคิดว่าผลที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันหรือไม่ จากนั้นให้นักเรียนทำนาย ทดลอง สังเกตและอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปราย สิ่งที่เกิดขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่แนวคิดเป้าหมายที่วางไว้ ซึ่งพบว่ากิจกรรมสามารถพัฒนาความเข้าใจ แนวคิดได้ดียิ่งขึ้น ดังเห็นได้จากอนุทินของนักเรียนที่ว่า “การพิสูจน์จากการทดลองจริง ทำให้เห็น การเกิดสิ่งต่างๆ อย่างเป็นขั้นเป็นตอน การเปลี่ยนแปลงต่างๆ จะสร้างความเข้าใจและทำให้จำได้ แม่นยำขึ้น (อนุทินวันที่ 19 สิงหาคม 2554, J28)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 62.50%) ซึ่งมีจำนวนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน แต่ไม่มีนักเรียนคนใด ที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีแนวคิด (N) โดยนักเรียน ที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถบอกได้ว่าการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมีแต่ยังไม่ได้พูดถึงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ และสามารถเขียนสมการการสังเคราะห์แสงได้แต่อาจยังไม่ครบถ้วน เช่น “การสังเคราะห์ด้วยแสง คือ กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมี ประเภท คาร์โบไฮเดรต สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ



“การสังเคราะห์ด้วยแสง คือ การเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมี สมการคือ



2.1) ปฏิกริยาแสง

แนวคิดนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง 3 ข้อ โดยแต่ละข้อถามในบริบทที่ต่างกัน ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจความเข้าใจของนักเรียนในแง่มุมต่างๆ ของแนวคิดนี้ได้มากขึ้น ดังรายละเอียดดังนี้

จากคำถามข้อที่ 2.2 ที่ถามว่า “จากสมการที่นักเรียนเขียนมาในข้อ 2.1 จงอธิบายว่าพืชมีกระบวนการอย่างไรในการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงให้มาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้” โดยคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ในข้อนี้ประกอบด้วย 2 แนวคิด คือ แนวคิดเรื่องปฏิกริยาแสงและแนวคิดเรื่องปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคำตอบในส่วนแนวคิดเรื่องปฏิกริยาแสง คือ “น้ำจะถูกใช้โดยน้ำจะแตกตัวเมื่อได้รับพลังงานแสง ให้อิเล็กตรอน โปรตอน และออกซิเจน โดย ATP และ NADPH ที่ได้จากกระบวนการนี้ จะถูกนำไปใช้ในกระบวนการต่อไปของการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนออกซิเจนที่ได้ คือผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงนั่นเอง ขั้นตอนนี้เรียกว่า ปฏิกริยาแสง (Light Reaction)”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 75.00%) แต่ไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่อยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (N) ตอบโดยอธิบายตามสมการ ตอบยังไม่เข้าประเด็น หรือไม่ตอบ ดังตัวอย่างคำตอบที่ว่า “พืชได้รับน้ำและ CO_2 ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ผลิตภัณฑ์ (PA14)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทำกิจกรรม “การเดินทางของอิเล็กตรอน” โดยศึกษาจากใบความรู้และร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มในการวาดแผนภาพการเดินทางของอิเล็กตรอนในการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรและไม่เป็นวัฏจักร ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถวาดแผนภาพการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักรได้ถูกต้อง แต่สำหรับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรนั้นนักเรียนส่วนใหญ่ยังวาดได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งภายหลังกิจกรรม ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายร่วมกันอีกครั้ง เพื่อปรับแนวคิดของนักเรียนให้ถูกต้อง โดยพบว่าแนวคิดนี้นักเรียนค่อนข้างเข้าใจยากเนื่องจากมีลักษณะเป็นนามธรรม ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินที่ว่า “ปฏิกริยามันซับซ้อน วกลงไปมาเข้าใจยากจังคะ (อนุทินวันที่ 31 สิงหาคม 2554, J33)” ซึ่งผู้วิจัยต้องช่วยลำดับความคิดนักเรียนอีกครั้งในคาบต่อไปก่อนเรียนเรื่องถัดไป ซึ่งพบว่านักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น ดังเห็นได้จากอนุทินของนักเรียนที่ว่า “คุณครูช่วยทบทวนเรื่องเก่าให้อีกครั้งเพราะพวกเรายังไม่เข้าใจ ทำให้ตอนนี้เข้าใจมากขึ้น ขอบคุณนะคะ (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2554, J28)”

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 35.42%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถบอกได้ว่า ในขั้นนี้เกิดการแตกตัวของน้ำได้อิเล็กตรอนและ O_2 แต่ขาดการพูดถึง ATP และ NADPH ที่ได้ออกมาเพื่อนำไปใช้ในขั้นปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไป ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ H_2O จะเกิดการแตกตัว (Photolysis) แล้วได้ e^- และ O_2 เป็นผลพลอยได้ (PB08)”

คำถามข้อที่ 3. ที่ถามว่า “หากโลกเราไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์อีกต่อไป พืชในธรรมชาติยังสามารถเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด” โดยคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ในข้อนี้ประกอบด้วย 2 แนวคิด คือ ปฏิกิริยาแสงและปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยคำตอบในส่วนแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสง คือ “ไม่สามารถเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่จะทำให้เกิดการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาแสง ซึ่งหากไม่มีกระบวนการนี้ ก็จะไม่มีการผลิต ATP และ NADPH ที่จะใช้ในกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้ไม่สามารถสร้างน้ำตาลได้”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 97.92%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ตอบทวนคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม โดยไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดนี้ ยกตัวอย่างเช่น “ไม่ได้เพราะ แสงสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA39)” “ได้เพราะใช้แสงจากหลอดไฟแทน (PA03)”

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรมการเดินทางของอิเล็กตรอน ดังที่ได้กล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 37.50%) โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่า พืชไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เพราะจะไม่เกิด Light Reaction แต่ไม่ได้อธิบายว่าแสงทำให้เกิด Light reaction ได้อย่างไร ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่เกิด เพราะจะไม่เกิดกระบวนการ Light reaction (PB04)” “ไม่ เพราะ พืชจำเป็นที่จะต้องใช้แสงในกระบวนการ Light reaction (PB19)”

คำถามข้อที่ 10 ที่ถามว่า “ก๊าซออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้มาจากสารใด” (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. H_2O ข. CO_2 ค. $C_6H_{12}O_6$ ง. $(CH_2O)_n$ จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”
ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องคือ “น้ำ เพราะออกซิเจนได้มาจากการแตกตัวของน้ำในขั้นปฏิกิริยาแสง”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS: 52.08%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) เข้าใจว่าก๊าซออกซิเจนได้มาจากน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยกันทั้งคู่ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ H_2O และ CO_2 เพราะเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA7)” “ H_2O และ CO_2 เพราะเป็นวัตถุดิบของกระบวนการ (PA14)”

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรมการเดินทางของอิเล็กตรอน ดังที่ได้กล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 58.33%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีคำตอบในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) โดยนักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) สามารถตอบได้ถูกต้อง ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ H_2O เพราะ O_2 ได้จากการสลายตัวของน้ำในขั้นตอน Light Reaction เพื่อทำให้เกิด e^- ที่นำไปใช้ในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ดังสมการ $H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + \frac{1}{2} O_2$ (PB03)”

2.2) ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

แนวคิดนี้มีข้อคำถามที่เกี่ยวข้อง 3 ข้อ โดยแต่ละข้อถามในบริบทที่ต่างกัน โดยมี 2 ข้อที่วัดไปพร้อมกับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสง ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจความเข้าใจของนักเรียนในแง่มุมต่างๆ ของแนวคิดนี้ได้มากขึ้น ดังรายละเอียดดังนี้

จากคำถามข้อที่ 2.2 ซึ่งเป็นข้อที่วัดไปพร้อมกับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสงดังได้กล่าวแล้วข้างต้น สำหรับคำตอบในส่วนที่เป็นของแนวคิดนี้ คือ “คาร์บอนไดออกไซด์ถูกรีดิวส์ให้เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต เป็นน้ำตาลฟอสโฟกลีเซอรอลดีไฮด์ซึ่งกระบวนการนี้ต้องใช้ ATP และ NADPH จากปฏิกิริยาแสง และมีน้ำถูกสร้างขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีในกระบวนการนี้ด้วย

กระบวนการนี้เกิดขึ้นหลายขั้นตอนและเป็นวัฏจักร เรียกว่าวัฏจักรคัลวินหรือการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂-fixation)”

ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 75.00%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ตอบโดยอธิบายตามสมการ ซึ่งยังไม่เข้าใจประเด็น หรือไม่ตอบ ดังตัวอย่างคำตอบ ดังนี้ “พืชได้รับน้ำและ CO₂ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ผลิตภัณฑ์ (PA14)” “CO₂ + H₂O ใช้แสงในการแปรรูปเป็นน้ำตาลกลูโคส (PA29)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยจัดกิจกรรมโดยผ่านประวัติการศึกษาเรื่องนี้ของ นักวิทยาศาสตร์คือ เมลวิน คัลวิน และคณะ โดยใช้กิจกรรมที่ชื่อว่า “นักสืบโคนัน ตอนตามรอย คุณลุงคัลวิน” โดยผู้วิจัยสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นนักสืบตามรอยการทำงานของคัลวิน ศึกษา การทดลองของเขา และสร้างวัฏจักรคัลวินของนักเรียนเองด้วยข้อมูลชุดเดียวกับที่คัลวินได้รับจากการทดลอง ซึ่งผลจากการทำกิจกรรมพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างวัฏจักรคัลวินได้แตกต่างกัน ออกไป ทั้งนี้จากการอภิปรายหลังการทำกิจกรรมพบว่า นักเรียนไม่เข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสาร ที่เป็นผลจากการทดลองของคัลวิน ว่าเปลี่ยนไปได้อย่างไร ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบว่านักเรียนยังขาด พื้นฐานทางเคมีเกี่ยวกับเรื่องสารประกอบ และปฏิกิริยาเคมี จึงได้มีการทบทวนเรื่องนี้ก่อนที่จะ ดำเนินกิจกรรมต่อไป ทำให้เวลาในการทำกิจกรรมน้อยลง ซึ่งภายหลังการทำกิจกรรมนักเรียน สามารถเข้าใจกลไกการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ได้แต่ยังไม่ชัดเจนมากนัก โดยผู้วิจัยได้เก็บ กิจกรรมของนักเรียนที่สามารถตอบได้ถูกต้องบางส่วน และบางส่วนยังไม่ถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยได้แก้ ปัญหาโดยนัดเวลาเพิ่มเติมเพื่อเรียนเสริมความรู้ในเรื่องนี้อีก 1 คาบ ซึ่งนักเรียนบอกว่าเนื้อหาเรื่องนี้ ก่อนข้างยากแต่กิจกรรมทำให้มีโอกาสได้คิดเองมากขึ้น ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินที่ว่า “การที่ เราได้มีโอกาสได้คิดก่อนที่ครูจะบอก มีผลทำให้เราเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพราะถ้าเราเป็นผู้รับอย่างเดียว พอหมดคาบความรู้ก็เหมือนจะหายไปบ้าง แต่พอเราได้คิดเอง จะทำให้เราเข้าใจมากขึ้น จำได้ง่าย มากขึ้น หนูคิดว่าการเรียนรู้ด้วยตนเองมีส่วนช่วยได้เยอะ ทำให้เราได้คิดก่อนว่ามันเป็นมาอย่างไร ถ้า เราคิดผิดเราจะจำได้มากกว่าเรารับมาโดยไม่ได้อะไรเลย (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2554, J19)”

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่ม ที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 52.08%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจ คลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถบอก

ได้ว่าพืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อนำไปสร้างน้ำตาลโดยผ่านวัฏจักรคัลวิน แต่ไม่ได้พูดถึง การใช้ ATP และ NADPH เข้ามาช่วยในกระบวนการ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “พืชนำ CO_2 ไปใช้ในกระบวนการสร้างน้ำตาล โดยที่คาร์บอนถูกนำไปใช้ในน้ำตาลกลูโคส ซึ่งคาร์บอนสามารถเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้โดยผ่านกระบวนการ CO_2 fixation (วัฏจักรคัลวิน) (PB30)”

คำถามข้อที่ 3. ซึ่งเป็นข้อที่วัดไปพร้อมกับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสงดังได้กล่าวแล้วข้างต้น สำหรับคำตอบในส่วนที่เป็นของแนวคิดนี้ คือ “หากไม่มีแสง ก็จะไม่มีการผลิต ATP และ NADPH ที่จะใช้ในกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำให้ไม่สามารถสร้างน้ำตาลได้ นอกจากนี้ แสงมีอิทธิพลในการตรึง CO_2 โดยแสงมีส่วนกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดในวัฏจักรคัลวิน”

ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 97.92%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) จะตอบทวนคำถาม หรือตอบไม่ตรงคำถาม โดยไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดนี้ ดังกล่าวแล้วในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสง

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบ โคนัน ตอนตามรอยคุณลุงคัลวิน” ดังกล่าวแล้วข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้นเล็กน้อย โดยนักเรียนส่วนใหญ่ยังมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 58.33%) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนแล้วพบว่า ข้อนี้ที่วัดร่วมกับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสง นักเรียนจะตอบเกี่ยวกับปฏิกิริยาแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่ไม่พูดถึงอิทธิพลของแสงที่เกิดขึ้นกับปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่ได้ เพราะ แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยแสงจะเป็นตัวให้พลังงานแก่กระบวนการ Light Reaction (PB08)” “ไม่ เพราะ พืชจำเป็นต้องใช้แสงในกระบวนการ Light reaction (PB19)”

- คำถามข้อที่ 11. ถามว่า “คาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร
- นำไปสร้างน้ำตาล
 - นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - นำไปแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วให้ออกซิเจนออกมา

ง. นำไปสร้างน้ำตาลและก๊าซออกซิเจน

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก. นำไปสร้างน้ำตาล เพราะคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกตรึงด้วย RuBP ที่อยู่ในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนต่างๆ ของวัฏจักร คัลวินแล้วได้น้ำตาลออกมา”

ก่อนเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 43.75%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่ม มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนไปหลายทาง เช่น CO_2 ถูกนำไปใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วให้ออกซิเจนออกมา หรือนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ CO_2 ถูกนำไปใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วให้ออกซิเจนออกมา คล้ายๆ กับการหายใจของคน ที่เวลาหายใจเข้าเอาออกซิเจนเข้าไป แล้วเอา CO_2 ออกมา แต่พืช แคกลับกัน เอา CO_2 เข้าไปแล้วเอา O_2 ออกมา (PA35)” “ CO_2 นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะจากการเรียนเรื่องการใช้พลังงาน ATP ในการหายใจระดับเซลล์ จะต้องมีก๊าซ CO_2 ในการนำพลังงานเข้ามา ดังนั้นในการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ต้องใช้พลังงาน จะต้องนำ CO_2 มาสร้างพลังงาน ATP ก่อน (PA22)”

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยคุณลุงคัลวิน” ดังกล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 58.33%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีแนวคิด (N) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) ตอบถูกต้องและสามารถอธิบายกระบวนการนำคาร์บอนไปสร้างน้ำตาลได้ถูกต้อง ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก. เพราะใช้เป็นสารตั้งต้นในวัฏจักรคัลวิน โดยมี RuBP มาจับกลายเป็นสารคาร์บอน 6 อะตอม ที่ไม่เสถียรและกลายเป็น PGA และนำไปสร้างน้ำตาลในที่สุด (PB26)”

2.2.1) ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3

จากคำถามข้อ 6 ซึ่งถามว่า “พืชแต่ละชนิดมีกลไกในการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้เหมือนกันหรือไม่ ถ้านักเรียนคิดว่าเหมือนกัน จงให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใด / ถ้านักเรียนคิดว่าไม่เหมือนกัน จงตอบคำถามต่อไปนี้ 1) พืชแต่ละชนิดมีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันอย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างชนิดพืชประกอบ 2) พืชที่มีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกันมีโครงสร้างใบต่างกันหรือไม่ อย่างไร หากเป็นไปได้ให้วาดรูปประกอบ” โดยข้อนี้วัดร่วมกับแนวคิดเรื่องปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4 และ CAM มีคำตอบที่สมบูรณ์คือ “1. ไม่เหมือนกัน โดยแบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) พืช C_3 จะมีการตรึง CO_2 ครั้งเดียวด้วย Calvin cycle ในเซลล์มีโซฟิลล์ ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น 2) พืช C_4 มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง ครั้งแรกตรึงโดย PEP ในเซลล์มีโซฟิลล์ ครั้งที่ 2 ตรึงโดย RuBP ในวัฏจักรคัลวินในเซลล์บันเดิลชีท ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน 3) พืช CAM มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง โดยเซลล์มีโซฟิลล์ ครั้งแรกตรึงโดย PEP ในเวลากลางคืนสังเคราะห์เป็นกรดมาลิกเก็บไว้ในแวคิวโอล ครั้งที่ 2 ตรึงโดย RuBP ในวัฏจักรคัลวิน ในเวลากลางวัน พืชในกลุ่มนี้ เช่น กระบองเพชร กล้ายไม้บางชนิด สับปะรด เป็นต้น และ 2. ต่างกัน ซึ่งทำให้เกิดการตรึง CO_2 ต่างกัน กลุ่มพืช C_3 โครงสร้างใบประกอบด้วยเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีคลอโรพลาสต์สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง อาจมีหรือไม่มีบันเดิลชีทรอบท่อลำเลียง หากมีจะไม่มีคลอโรพลาสต์ กลุ่มพืช C_4 มีโครงสร้างใบที่ประกอบด้วยเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีคลอโรพลาสต์และเซลล์บันเดิลชีทที่มีคลอโรพลาสต์ ส่วนกลุ่มพืช CAM จะมีโครงสร้างคล้ายพืช C_3 ” โดยแนวคิดปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 จะพิจารณาคำตอบเฉพาะส่วนของพืช C_3

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 52.08%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) โดยนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าพืชทุกชนิดน่าจะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน นักเรียนส่วนใหญ่ตอบมาว่าเหมือนกัน โดยให้เหตุผลว่า เป็นพืชเหมือนกัน พืชต้องใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนกัน และบางส่วนบอกว่าเหมือนกันเพราะมีสมการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนกัน ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น “เหมือนกัน เพราะพืชก็คือพืชเหมือนกัน น่าจะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เหมือนกัน เนื่องจากมีคลอโรฟิลล์เหมือนกัน ใช้ CO_2 เหมือนกัน (PA42)” “เหมือนกัน เพราะจากสมการการสังเคราะห์ด้วยแสง จะสรุปได้ว่า พืชทุกชนิดจะสร้างอาหารเหมือนกัน ใช้วัตถุดิบเหมือนกัน (PA17)”

การจัดการเรียนการสอน แนวคิดนี้ผู้วิจัยสอนไปพร้อมกับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4 และ CAM โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมที่ต่อเนื่องจากแนวคิดที่ผ่านมาคือปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยให้นักเรียนสังเกตว่าสารตัวแรกที่เสถียรในวัฏจักรคัลวินคือสารใด จากนั้นให้นักเรียนทำกิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแฮทและสแลค” ซึ่ง แฮทและสแลคเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 ซึ่งจากกิจกรรมนักเรียนจะพบว่าสารตัวแรกที่เสถียรไม่ใช่สารตัวเดียวกับในวัฏจักรคัลวิน โดยลักษณะกิจกรรมเป็นเช่นเดียวกับกรณีคุณลุงคัลวิน แต่ใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนสร้างวัฏจักรการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 นั้นผู้วิจัยมีรูปแบบให้ แล้วให้นักเรียนลำดับสารที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นด้วยตัวเอง เพื่อกระชับเวลาและจัดระเบียบความคิดของนักเรียนได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อคาบที่ผ่านมา ซึ่งปรากฏว่านักเรียนทำกิจกรรมได้รวดเร็วและเข้าใจแนวคิดได้เร็วขึ้น ซึ่งเมื่อนักเรียนเข้าใจแนวคิดของพืช C_4 แล้ว ผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรมลักษณะเดียวกันในพืช CAM ซึ่งปรากฏว่านักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้ดี เนื่องจากมีแนวความคิดจากความรู้เดิมและเรียนรู้การทำกิจกรรมรูปแบบนี้ได้มากขึ้น จากกิจกรรมนักเรียนสามารถเข้าใจได้ว่าพืชมีกลไกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน เห็นได้จากการตอบคำถามใบกิจกรรมในห้องเรียน นอกจากนี้นักเรียนมีความเห็นว่าการศึกษานี้มีส่วนช่วยในการเข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้นักเรียนบางคนมีความสนใจในการศึกษาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชชนิดต่างๆ มากขึ้น ดังอนุทินของนักเรียนที่ว่า “ชอบกิจกรรมเพราะมันทำให้พวกหนูช่วยกันระดมความคิด ทำให้พวกหนูเข้าใจพืช C_3 , C_4 และ CAM มากขึ้น (อนุทินวันที่ 9 กันยายน 2554, J23)” “เป็นเรื่องที่น่าสนใจมากเลยคะ เรียนแล้วรู้สึกอยากค้นคว้าว่าพืชชนิดใดมีการตรึง CO_2 แบบไหนบ้าง (อนุทินวันที่ 9 กันยายน 2554, J30)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 54.17%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) ทราบว่าพืชมีกลไกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม โดยในส่วนของปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถอธิบายลักษณะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชกลุ่มนี้ได้ และยกตัวอย่างพืชกลุ่มนี้ได้ แต่ไม่ได้กล่าวถึงโครงสร้างของใบ ยกตัวอย่างเช่น “พืช C_3 มีการตรึง CO_2 1 ครั้ง มี RuBP เป็นตัวรับ CO_2 เช่น ข้าว (PB01)” “พืช C_3 มีการตรึง CO_2 ครั้งเดียวตอนกลางวัน โดยตรึงที่ mesophyll cell เช่น มะม่วง ไทร (PB14)”

2.2.2) ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4

จากคำถามข้อ 6 ซึ่งวัดร่วมกับแนวคิดเรื่องปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 ดังกล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งในแนวคิดนี้พิจารณาคำตอบเฉพาะส่วนของปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_4

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 52.08%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) โดยนักเรียนเข้าใจว่าพืชทุกชนิดน่าจะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน เช่นเดียวกับแนวคิดปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแฮทและสแลค” ดังกล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 47.92%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถอธิบายลักษณะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_4 ได้ และยกตัวอย่างพืชกลุ่มนี้ได้ แต่ไม่ได้กล่าวถึงโครงสร้างของใบ ยกตัวอย่างเช่น “พืช C_4 มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง มี PEP เป็นตัวรับ CO_2 เช่น ข้าวฟ่าง (PB01)” “พืช C_4 มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง ครั้งแรกที่ mesophyll cell” โดยตรึงจากบรรยากาศ ครั้งที่ 2 ตรึงที่ bundle sheath โดยตรึงจาก malate เช่น ข้าวโพด (PB14)”

2.2.3) ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM

แนวคิดนี้มีคำถามที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 3 ข้อ โดยแต่ละข้อมีบริบทของคำถามต่างกัน และนักเรียนส่วนใหญ่มีกลุ่มคำตอบที่ต่างกัน ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นแง่มุมต่างๆ ของการเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้มากขึ้น ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากคำถามข้อ 6 ซึ่งวัดร่วมกับแนวคิดเรื่องปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 ดังกล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งในแนวคิดนี้พิจารณาคำตอบเฉพาะส่วนของปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 52.08%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) โดยนักเรียนเข้าใจว่าพืชทุกชนิดน่าจะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เหมือนกัน เช่นเดียวกับแนวคิดปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแฮทและสแลค” ดังกล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 41.67%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถอธิบายลักษณะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM ได้ และยกตัวอย่างพืชกลุ่มนี้ได้ แต่ไม่ได้กล่าวถึงโครงสร้างของใบ ยกตัวอย่างเช่น “พืช CAM มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง มี PEP เป็นตัวรับ CO_2 เช่น กระบองเพชร (PB01)” “พืช CAM มีการตรึง CO_2 2 ครั้ง ที่ mesophyll cell โดยในเวลากลางวันปากใบเปิด จะตรึง CO_2 จากบรรยากาศ ในตอนกลางวันปากใบปิด จะนำ malate จาก Vacuole มาสร้างน้ำตาล เช่น กระบองเพชร กุหลาบหิน (PB14)”

คำถามข้อที่ 12 ถามว่า “พืชชนิดใดมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย หรือ ขาดแคลนน้ำ

ก. สับปะรด

ข. ข้าวโพด

ค. มันสำปะหลัง

ง. อ้อย

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก. สับปะรด เพราะ เป็นพืช CAM ที่มีการปรับตัวในสภาวะแห้งแล้ง โดยปากใบปิดในเวลากลางวันและเปิดในเวลากลางคืนเพื่อลดการคายน้ำ ทำให้สูญเสียน้ำต่อการตรึง CO_2 น้อยกว่าพืช C_3 และ C_4 มาก”

ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 60.42%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ตอบโดยใช้ประสบการณ์ที่เคยพบในชีวิตประจำวันแต่ยังไม่แสดงถึงความเข้าใจแนวคิด เช่น “ทุกข้อ เพราะ

ส่วนใหญ่ปลูกที่ภาคอีสาน น่าจะใช้น้ำเท่ากัน (PA43)” “ก. เพราะ เป็นพืชที่ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และมีอาหารน้อย ดินเสื่อมสภาพ (PA30)”

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแสงและสแลค” ดังกล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น ส่วนใหญ่นักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 47.92%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ตอบได้ถูกต้องว่าเป็นสับปะรดโดยให้เหตุผลว่าเป็นพืช CAM ซึ่งอยู่ในที่แห้งแล้ง จึงมีการปรับตัวโดยเปิดปากใบในเวลากลางคืน ทำให้มีการใช้น้ำน้อยกว่าพืชกลุ่มอื่น ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก. เพราะสับปะรดเป็นพืช CAM ซึ่งเป็นพืชที่ขึ้นและเจริญเติบโตในสภาพอากาศที่แห้งแล้ง จึงมีการปรับตัวให้ใช้น้ำน้อยลง ลดการสูญเสียน้ำ และเปิดปากใบในเวลากลางคืน (PB31)” “ก. เพราะ เป็นพืช CAM ซึ่งใช้น้ำน้อยกว่าพืช C_3 และ C_4 ในการสังเคราะห์ด้วยแสง (PB36)”

คำถามข้อที่ 13 ถามว่า “ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชทั่วไปจำเป็นต้องได้รับ CO_2 ซึ่งเข้ามาทางปากใบที่เปิดในเวลากลางวัน เพื่อใช้ในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แต่สำหรับพืชที่ขึ้นในทะเลทรายนั้น ในเวลากลางวันปากใบของพืชจะปิด นักเรียนคิดว่าจะเกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์หรือไม่ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชพวกนี้จะเป็นอย่างไร

ก. ไม่มีการตรึง CO_2 ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าพืชทั่วไป

ข. มีการตรึง CO_2 แต่ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าพืชทั่วไป

ค. มีการตรึง CO_2 และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืชทั่วไป

ง. มีการตรึง CO_2 ได้ตามปกติ และมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนพืชทั่วไป

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ก. เพราะ เป็นการปรับตัวในสภาวะแห้งแล้ง โดยปากใบปิดในเวลากลางวันและเปิดในเวลากลางคืนเพื่อลดการคายน้ำ ดังนั้น CO_2 จะเข้ามาทางปากใบในเวลากลางคืนและสังเคราะห์เป็นกรดอินทรีย์ที่จะปล่อย CO_2 ให้กับ Calvin cycle ในเวลากลางวัน และเนื่องจากการปิดปากใบในเวลากลางวันทำให้ CO_2 แพร่ร่อนออกไปได้ยาก ความเข้มข้นของ CO_2 ในเซลล์สูง อัตราโฟโตเรสไพเรชันจึงลดลงอย่างมาก และการสูญเสียน้ำต่อการตรึง CO_2 1 กรัม น้อยกว่าพืช C_3 และ C_4 มาก จึงทำให้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืชทั่วไป”

ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 47.92%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) จะไม่ตอบคำถาม ตอบทวนคำถาม ตอบว่าไม่รู้หรือตอบไม่สื่อความหมาย เช่น “ค. เพราะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยให้อากาศสะอาดด้วยแสงมากขึ้น (PA22)”

การจัดการเรียนการสอนใช้กิจกรรม “นักสืบโคนัน ตอนตามรอยแฮทและสแลค” ดังกล่าวข้างต้น

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS: 64.58%) และไม่พบนักเรียนที่คำตอบอยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (N) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) เข้าใจว่าพืชกลุ่มนี้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามปกติ เพียงแต่ตรึงในเวลากลางคืน จึงเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ามีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนพืชทั่วไป ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ง. เพราะ พืชประเภทนี้จะตรึง CO_2 จากบรรยากาศในเวลากลางคืนและเก็บไว้ในรูปของกรดมาลิก และจะกลายเป็น CO_2 เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินในเวลากลางวัน ทำให้มีการตรึง CO_2 ได้ตามปกติ (PB20)”

2.3) โฟโตเรสไพเรชัน

คำถามข้อที่ 5 ถามว่า “นักเรียนคิดว่าพืชสามารถตรึงออกซิเจนแทนคาร์บอนไดออกไซด์ได้หรือไม่ ถ้าได้จะเกิดขึ้นเมื่อใด และจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไรบ้าง” ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ คือ “ได้ จะเกิดในภาวะที่พืชได้รับแสงมากแต่น้ำในดินมีน้อย ซึ่งจะทำให้ปากใบปิด ทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง พืชจะมีการปรับตัวคือตรึงออกซิเจนแทน และปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา เรียกว่าเกิดโฟโตเรสไพเรชัน แต่อย่างไรก็ดีกระบวนการนี้ไม่สามารถสร้างน้ำตาลได้ ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง”

ก่อนเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 58.34%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าพืชสามารถตรึงออกซิเจนได้ในตอนกลางคืนเนื่องจากตอนกลางคืนไม่มีแสงแดดและไม่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นปกติอยู่แล้วในเวลากลางคืน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ได้ และการทำ

เช่นนี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน พืชจะดูดออกซิเจนและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แทน เนื่องจากในเวลากลางคืนไม่มีแสงอาทิตย์ (PA31)” หรือนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนไปว่ากระบวนการนี้เป็นกระบวนการหายใจของพืช ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ได้ เกิดขึ้นเมื่อพืชหายใจ ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุนเวียนของวัฏจักรคาร์บอน (PA30)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้สอนแนวคิดนี้ต่อเนื่องจากแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ โดยหลังจากนักเรียนได้ทราบว่าพืชมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสร้างน้ำตาลอย่างไรแล้ว ผู้วิจัยใช้การอภิปราย โดยใช้คำถามว่า “หากวันใดที่พืชได้รับแสงมากแต่น้ำในดินมีน้อย ซึ่งจะทำให้ปากใบปิด และทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง ในขณะที่ยังเกิดปฏิกิริยาแสงตามปกติ เพราะพืชยังได้รับแสงอยู่ ซึ่งผลจากปฏิกิริยาแสงทำให้เกิดออกซิเจนเกิดขึ้น ดังนั้นพืชจะอยู่ในสภาวะที่มีออกซิเจนมาก แต่ได้รับคาร์บอนไดออกไซด์น้อยลง นักเรียนคิดว่าพืชยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติหรือไม่ และเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น” ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าไม่น่าจะสังเคราะห์ด้วยแสงได้เหมือนเดิม แต่ยังไม่ให้เหตุผลไม่ได้ว่าทำไม ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนร่วมกันศึกษาใบความรู้และร่วมกันหาคำตอบจากคำถามนี้ โดยภายหลังพบว่านักเรียนสามารถให้คำตอบได้ว่า พืชจะมีการตรึงออกซิเจนแทนคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการที่เรียกว่า โฟโตเรสไพเรชัน และสามารถบอกข้อดีข้อเสียจากกระบวนการนี้ได้ ดังคำตอบของนักเรียนในใบงานที่ว่า “ข้อดีของการเกิดกระบวนการโฟโตเรสไพเรชันในพืชคือ ช่วยสร้างสารพลังงานสูงที่สร้างได้มากเกินความต้องการจาก Light reaction และช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระที่ได้จากการรับ e^- ของ O_2 ส่วนข้อเสียของกระบวนการนี้คือ ทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้อยกว่าปกติและเสียคาร์บอนในรูปของ CO_2 ” (ใบกิจกรรมที่ 8)

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 43.75%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้สามารถบอกได้ว่าพืชตรึงออกซิเจนได้จากกระบวนการโฟโตเรสไพเรชัน และส่งผลให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง แต่ไม่ได้บอกว่ากระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเมื่อใด ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ได้ จะเกิดโฟโตเรสไพเรชัน จะทำให้ผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (PB39)” “พืชสามารถตรึง O_2 แทน CO_2 ได้โดยจะเกิดโฟโตเรสไพเรชัน ซึ่งส่งผลต่อทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (PB13)”

3) การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง

แนวคิดนี้มีคำถามที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 2 ข้อ โดยแต่ละข้อมีบริบทของคำถามต่างกัน และนักเรียนส่วนใหญ่มีกลุ่มคำตอบที่ต่างกัน ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นแง่มุมต่างๆ ของการเข้าใจแนวคิดของนักเรียนได้มากขึ้น ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

คำถามข้อ 16 ถามว่า “พืชที่ขึ้นในที่แห้งแล้ง ความเข้มของแสงสูง อุณหภูมิสูง นักเรียนคิดว่าพืชพวกนี้จะมีการปรับตัวเพื่อรับแสงอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. มีขนและชันคิวติเคิลที่หนา	ข. มีชั้นออพิเคอร์มิสที่หนาขึ้น
ค. แตกกิ่งก้านสาขาให้มากขึ้น	ง. ใบมีลักษณะบางลง
จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”	

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ “ก. และ ข. เพราะเมื่อในสภาพแวดล้อมที่มีความเข้มของแสงมาก พืชจะปรับตัวโดยมีขนและคิวติเคิลที่หนาเพื่อช่วยในการสะท้อนแสง ลดการดูดซับแสง และช่วยลดการคายน้ำ อีกทั้งจะมีชั้นออพิเคอร์มิสหนาขึ้นเพื่อลดการดูดซับแสงอีกทางหนึ่ง”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 39.58%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ของกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) ตอบถูก หรือถูกบางข้อและให้เหตุผลได้ แต่ยังไม่ครอบคลุมแนวคิดทั้งหมด โดยส่วนใหญ่ให้นักเรียนให้เหตุผลว่ามีการปรับตัวเพื่อลดการคายน้ำ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก., ข. เพื่อเพราะมีการเปลี่ยนแปลงให้ได้รับแสงน้อยลงเพื่อลดการคายน้ำ (PA26)” “ก., ข. เพราะป้องกันการสูญเสียน้ำ (PA48)” “ก. เพราะป้องกันการสูญเสียน้ำ (PA41)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยนำเข้าสู่บทเรียน โดยการนำต้นเศรษฐีพันล้านที่เจริญในที่ร่มและกลางแจ้งมาให้นักเรียนดูแล้วให้นักเรียนสังเกตลักษณะต้นและใบของพืชทั้งสองต้นว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร และอภิปรายว่าเหตุใดจึงต่างกัน และพืชชนิดอื่นมีการปรับตัวอย่างเดียวกันหรือไม่ โดยผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมารับพืชที่เจริญในที่ร่มและกลางแจ้งไปศึกษาการปรับตัวที่แตกต่างกัน กลุ่มละ 2 คู่และนำผลมาอภิปรายและสรุปพร้อมกันทั้งห้องอีกครั้ง โดยหลังจากการเรียนพบว่านักเรียนเข้าใจแนวคิดได้ง่ายขึ้นเมื่อได้เห็นและสัมผัสใบไม้ของจริงที่มีการปรับตัวในรูปแบบต่างๆ ดังคำพูดของนักเรียนในอนุทินที่ว่า “ได้ทำกิจกรรม ได้สัมผัสของจริง ทำให้เข้าใจง่ายขึ้น (อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554, J44)” “ครูเอาใบไม้มาให้เปรียบเทียบกันทำให้

เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน (อนุทินวันที่ 14 กันยายน 2554, J36)” เช่นเดียวกับบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่ว่า “การนำใบไม้ชนิดต่างๆ มาให้นักเรียนดูในวันนี้ ทำให้นักเรียนเข้าใจลักษณะการปรับตัวของพืชรูปแบบต่างๆ ได้ง่ายขึ้น และให้นักเรียนสนใจการเรียนมากขึ้น เพราะตื่นตาตื่นใจกับใบไม้รูปแบบต่างๆ ที่ครูนำมาให้นักเรียนสังเกต นำไปสู่การสรุปการศึกษาได้ไม่ยาก (บันทึกหลังสอนวันที่ 14 กันยายน 2554)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 50.00%) ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) ตอบได้ถูกต้องหรือถูกบางส่วน และให้เหตุผลว่า เพราะป้องกันการสูญเสียน้ำหรือป้องกันแสงที่มากเกินไป เช่น “ก. เพราะลดการสูญเสียน้ำ และการรับแสงที่มากเกินไป (PB25)” “ก., ข. เพราะมีขนและคิวติเคิลหนาขึ้น และมีชั้นอพิเคอร์มิสหนาขึ้นเพื่อลดการคายน้ำจากใบ (PB19)”

คำถามข้อที่ 17 ถามว่า “โครงสร้างภายในของใบพืชชนิดเดียวกันที่อยู่กลางแจ้งและอยู่ในที่ร่มแตกต่างกันในเรื่องใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. พื้นที่ของใบ	ข. ปริมาณคลอโรฟิลล์	ค. ความหนาของใบ
ง. จำนวนใบ	จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”	

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ “ก., ข. และ ค. เพราะในที่ที่มีความเข้มของแสงสูงพืชจะมีพื้นที่ใบและปริมาณคลอโรฟิลล์ต่ำกว่าใบที่อยู่เท่ากันที่อยู่ในที่ร่ม แต่จะมีความหนาของใบมากกว่าใบที่อยู่ในที่ร่ม”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 45.83%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ตอบทวนคำถามหรือให้เหตุผลที่ยังไม่สื่อถึงแนวคิดเป้าหมาย เช่น “ข., ค. ต่างกันที่ปริมาณการรับแสงไม่เท่ากัน (PA04)” “ก., ข., ค., ง. เพราะปริมาณแสงเป็นตัวกำหนด (PA13)”

การจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยใช้กิจกรรมการสังเกตใบไม้ที่มีการปรับตัวในลักษณะต่างๆ ดังกล่าวแล้วข้างต้น

หลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่ม มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 37.50%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้ สามารถให้เหตุผล ของตัวเลือกที่ถูกต้องบางตัวได้ แต่ไม่ครบทุกตัว ยกตัวอย่าง เช่น “ข. เพราะ พืชในที่ร่มมีปริมาณ คลอโรฟิลล์มากเพราะได้รับแสงน้อย เพื่อเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงให้มากขึ้น ส่วนกลางแจ้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์จะน้อย เพราะมีปริมาณแสงมาก จึงทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก (PB04)” “ข., ค. เพราะที่แสงแดดมากคลอโรฟิลล์น้อยสีใบจะอ่อนใบจะมีขนาดหนาด้วย (PB17)”

4) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

แนวคิดนี้มีคำถามที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 2 ข้อ โดยแต่ละข้อมีบริบทของคำถามต่างกัน และ นักเรียนส่วนใหญ่มีกลุ่มคำตอบที่ต่างกัน ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นแง่มุมต่างๆ ของการเข้าใจแนวคิด ของนักเรียนได้มากขึ้น ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากคำถามข้อ 14 ที่ถามว่า “จากตัวเลือกต่อไปนี้ ปัจจัยใดบ้างที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. ความเข้มของแสง	ข. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
ค. อุณหภูมิของอากาศ	ง. อายุใบ
จ. ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ	ฉ. ธาตุอาหารในดิน
ช. อื่นๆ โปรดระบุ.....	

นักเรียนตอบข้อ แต่ละปัจจัยที่เลือกมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ “ก., ข., ค., ง., จ. และ ฉ. โดยแต่ละปัจจัยมีผลดังนี้

1. ความเข้มของแสง พืชโดยทั่วไปเมื่อความเข้มของแสงเพิ่มขึ้น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง จะมากขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวแสง
2. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ พืชโดยทั่วไปเมื่อความเข้มข้นของ CO₂ มาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะมากขึ้น
3. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่ต่างกันมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลต่อ อัตราโฟโตเรสไพเรชันที่สูงขึ้น การสูญเสียสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของออร์แกเนลล์ต่างๆ และการเสียดภาพของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
4. อายุใบ ใบพืชที่อ่อนหรือแก่จนเกินไปจะมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่าพืช ที่เจริญเติบโตเต็มที่

5. ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะสูงเมื่อปริมาณน้ำในดินไม่มากหรือน้อยเกินไป ถ้าปริมาณน้ำในดินน้อยเกินไป ปากใบจะปิด แต่ถ้าปริมาณน้ำในดินมากเกินไปรากพืชจะขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจซึ่งมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง
6. ธาตุอาหารหลายชนิด เช่น แมกนีเซียม ไนโตรเจน เป็นธาตุสำคัญขององค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เหล็กจำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และเป็นองค์ประกอบของไซโทโครมคอมเพล็กซ์ แมงกานีส และคลอรีน จำเป็นต่อการแตกตัวของน้ำ การขาดธาตุต่างๆ เหล่านี้มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงด้วย”

ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด (N: 56.25%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนในกลุ่มไม่เข้าใจแนวคิด (N) เลือกคำตอบมาถูกบ้างผิดบ้าง แต่ไม่สามารถให้เหตุผลในการเลือกหรืออธิบายผลของปัจจัยที่เลือกว่าส่งผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร หรือให้เหตุผลย้อนคำถาม ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ก., ข., ค., ง., ฉ. เพราะจำเป็นทุกข้อ (PA10)” “ทุกข้อ เพราะทุกข้อล้วนเป็นปัจจัย (PA23)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยให้นักเรียนออกแบบการทดลองเอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ตนเองสนใจและสามารถทำปฏิบัติการได้ในห้องทดลอง โดยในครั้งนี้สามารถทำการศึกษาได้ 2 ปัจจัย คือปัจจัยเรื่องความเข้มของแสง และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยนักเรียนเป็นผู้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและการนำเสนอผลการทดลองในรูปแบบกราฟด้วยตนเอง โดยการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งจากการสอนพบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการออกแบบและดำเนินการทดลอง การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ซึ่งผู้วิจัยและครูผู้ช่วยวิจัยได้เป็นผู้ให้คำปรึกษาและเสนอแนะแนวทางในการทดลอง ซึ่งนักเรียนให้ความร่วมมือในการศึกษาเป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ดีผู้วิจัยพบว่า ในการทำกิจกรรม นักเรียนไม่ได้ควบคุมตัวแปรควบคุมเรื่องพืชจะต้องเป็นพืชต้นเดียวกัน ซึ่งทำให้ค่าที่ได้ออกมาค่อนข้างคลาดเคลื่อนเนื่องจากลักษณะของอากาศที่เกิดขึ้น ในพืชแต่ละต้นไม่คงที่ ซึ่งภายหลังจากการทำกิจกรรม นักเรียนสามารถบอกได้ว่าการทดลองครั้งนี้มีปัญหาอย่างไร และมีวิธีแก้ปัญหามีอย่างไร เช่น ควรใช้พืชต้นเดียวกันในการศึกษา อาจเปลี่ยนจากการนับฟองอากาศเป็นการเคลื่อนที่ของฟองอากาศในหลอดแก้ว เป็นต้น และปัญหาอีกอย่างที่พบในการสอนครั้งนี้คือ เวลาที่ใช้ในกิจกรรมค่อนข้างนาน ทำให้เวลาในการอภิปรายในเรื่องปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ไม่ได้ทำการทดลองในวันนี้มีน้อยลง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนให้ความสำคัญกับปัจจัยอื่นๆ เหล่านี้ลดลง เห็นได้จากบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยที่กล่าวถึงอนุทินของนักเรียนว่า “นักเรียน

ให้ความสำคัญกับสิ่งที่ได้เรียนรู้เพียงปัจจัยที่ได้ทดลองคือ ความเข้มของแสง และ CO_2 โดยมีน้อยคนที่กล่าวถึงปัจจัยอื่น” (บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ วันที่ 16 กันยายน 2554) ดังนั้นในการสอนครั้งต่อไปควรต้องมีการปรับกิจกรรมให้กระชับขึ้นเพื่อมีเวลาในการอภิปรายประเด็นอื่นๆ มากขึ้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 66.67%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) โดยนักเรียนในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) สามารถบอกปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้นแต่ยังไม่ครบทุกปัจจัย หรือสามารถบอกได้ครบ แต่ยังอธิบายได้ไม่หมดทุกปัจจัยอย่างสมบูรณ์ว่ามีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร ยกตัวอย่างคำตอบของนักเรียน เช่น “ก., ก., ง., จ., ฉ. มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ ก. ความเข้มแสง: แสงเป็นสิ่งที่ใช้ในปฏิกิริยา Light reaction และเป็นผลของการทำงานของเอนไซม์ ค. อุณหภูมิของอากาศ: จะเกิดการสังเคราะห์ได้ดีที่อุณหภูมิในช่วง $25-30^\circ\text{C}$ จ. ปริมาณน้ำ: เมื่อมีน้ำน้อยในราก จะทำให้ปากใบปิด เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อย เมื่อมีน้ำขังในรากมากหรือกรณีน้ำท่วม ทำให้รากพืชหายใจไม่ได้ สร้าง ATP ไม่ได้ ฉ. ธาตุอาหารในดิน: เป็นส่วนประกอบของสารคลอโรฟิลล์ ข. อายุใบ: อายุน้อยไปยังสร้างคลอโรพลาสต์ได้ไม่เต็มที่ อายุมากไปจะเกิดการสลายของกรานุม ทำให้ประสิทธิภาพลดลง (PB20)”

คำถามข้อที่ 15 ถามว่า “ทำการทดลองโดยตัดใบคำลึง 3 บริเวณมาสกัดเอาคลอโรพลาสต์ คือ ใบที่ยอด ใบที่เจริญเต็มที่ และใบที่แก่ แยกใส่ในหลอดทดลอง 3 หลอดตามประเภทของใบ โดยให้แสง น้ำ และ CO_2 ลงไป ควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้นแสง ปริมาณ CO_2 ให้พอเหมาะและเท่ากันทุกหลอด นักเรียนคิดว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในทั้ง 3 หลอดจะต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ก. ไม่ต่างกัน

ข. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่ยอดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ค. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่เจริญเต็มที่ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ง. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่แก่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....”

ซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์คือ “ก. เพราะ ใบพืชที่อ่อนหรือแก่เกินไปจะมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำกว่าใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ เนื่องจากใบพืชที่อ่อนเกินไปพัฒนาการของคลอโรพลาสต์ยังเจริญไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไปจะมีการสลายของกรานุม”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU: 37.50%) โดยนักเรียนเลือกได้ถูกต้องว่าพืชที่เจริญเต็มที่จะมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด แต่ยังไม่ให้เหตุผลได้ไม่ครบทุกประเด็นตามกรอบที่ผู้วิจัยวางไว้ โดยนักเรียนสามารถบอกได้เพียงว่าใบที่เจริญเต็มที่จะมีการสังเคราะห์ด้วยแสงดีที่สุด หรือให้เหตุผลเกี่ยวกับคลอโรฟิลล์ได้ถูกต้องบางส่วน ยกตัวอย่างเช่น “ค. เพราะ ใบที่เจริญเต็มที่คลอโรฟิลล์พัฒนาดีที่สุด (PA6)” “ค. เพราะใบที่เจริญเต็มที่มีคลอโรฟิลล์มาก (PA27)”

การจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยให้นักเรียนทำกิจกรรมการทดลองเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงดังกล่าวแล้วข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น โดยส่วนใหญ่มีแนวคิดในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 60.42%) และไม่มีนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) โดยนักเรียนในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) เลือกคำตอบได้ถูกต้องและให้เหตุผลครบทุกประเด็นตามกรอบที่ผู้วิจัยวางไว้ ยกตัวอย่างเช่น “ค. เพราะใบที่อ่อนเกินไป จะยังมีการเจริญเติบโตของคลอโรฟิลล์ไม่เต็มที่ ส่วนใบที่แก่เกินไป จะเริ่มมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์จึงสังเคราะห์ด้วยแสงได้ไม่ดี แต่ใบที่เจริญเต็มที่ คลอโรฟิลล์สมบูรณ์จึงสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุด (PB12)” “ค. เพราะใบที่เจริญเต็มที่ จะมีคลอโรพลาสต์ที่เจริญเติบโตเต็มที่ ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าใบอ่อนที่คลอโรพลาสต์เจริญเติบโตไม่เต็มที่ และสูงกว่าใบแก่ที่กรานูมและคลอโรพลาสต์สลายตัวไปบ้างแล้ว (PB24)”

2. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวม

จากการแปลงการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละแนวคิดที่ศึกษามาเป็นคะแนน พบว่าหลังเรียนนักเรียนทุกคนมีคะแนนสูงขึ้น และมีการพัฒนาแนวคิดมากขึ้นอยู่ในระดับต่างๆ รายละเอียดดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 คะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวม

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 92)	คะแนน หลังเรียน (เต็ม 92)	คะแนน หลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์ (RG)	ระดับ พัฒนาการ
1	23	67	72.83	63.77	สูง
2	9	67	72.83	69.88	สูง
3	12	69	75.00	71.25	สูง
4	13	61	66.30	60.76	สูง
5	10	50	54.35	48.78	กลาง
6	22	38	41.30	22.86	ต่ำ
7	19	55	59.78	49.32	กลาง
8	20	73	79.35	73.61	สูง
9	10	30	32.61	24.39	ต่ำ
10	21	40	43.48	26.76	กลาง
11	11	46	50.00	43.21	กลาง
12	26	81	88.04	83.33	สูงมาก
13	19	61	66.30	57.53	สูง
14	9	64	69.57	66.27	สูง
15	12	67	72.83	68.75	สูง
16	14	41	44.57	34.62	กลาง
17	13	41	44.57	35.44	กลาง
18	8	29	31.52	25.00	ต่ำ
19	13	70	76.09	72.15	สูง
20	34	82	89.13	82.76	สูงมาก
21	14	65	70.65	65.38	สูง
22	28	70	76.09	65.63	สูง
23	24	65	70.65	60.29	สูง
24	27	75	81.52	73.85	สูง
25	20	65	70.65	62.50	สูง

ตารางที่ 13 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 92)	คะแนน หลังเรียน (เต็ม 92)	คะแนน หลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์ (RG)	ระดับ พัฒนาการ
26	25	80	86.96	82.09	สูงมาก
27	25	86	93.48	91.04	สูงมาก
28	31	64	69.57	54.10	สูง
29	16	64	69.57	63.16	สูง
30	25	73	79.35	71.64	สูง
31	20	55	59.78	48.61	กลาง
32	22	74	80.43	74.29	สูง
33	11	44	47.83	40.74	กลาง
34	14	68	73.91	69.23	สูง
35	13	61	66.30	60.76	สูง
36	13	74	80.43	77.22	สูงมาก
37	23	71	77.17	69.57	สูง
38	19	60	65.22	56.16	สูง
39	15	68	73.91	68.83	สูง
40	38	67	72.83	53.70	สูง
41	26	63	68.48	56.06	สูง
42	30	60	65.22	48.39	กลาง
43	28	82	89.13	84.38	สูงมาก
44	27	78	84.78	78.46	สูงมาก
45	24	68	73.91	64.71	สูง
46	20	74	80.43	75.00	สูง
47	24	68	73.91	64.71	สูง
48	31	73	79.35	68.85	สูง
ค่าเฉลี่ย	19.81	63.48	69.00	60.49	สูง
S.D.	7.41	13.53	14.71	16.69	

จากตาราง พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนการเข้าใจแนวคิดเฉลี่ย 19.81 คะแนน และเมื่อผ่านการจัดการเรียนการสอนไปแล้ว พบว่านักเรียนมีนักเรียนมีคะแนนการเข้าใจแนวคิดเฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 63.48 คะแนน คิดเป็น 69.00% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ในการศึกษาครั้งนี้ (60%) สำหรับคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า นักเรียนทั้งห้องมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 60.49% ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับสูง

3. อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้ง พบว่า

ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้กับการวัดแนวคิดก่อนเรียน แต่ที่น่าสนใจคือ ในบางแนวคิด นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) ติดตัวมาก่อนเรียนเป็นจำนวนมาก ซึ่งได้แก่ แนวคิดเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และโฟโตเรสไพเรชัน โดยในแนวคิดเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงสอดคล้องกับผลการวิจัยของพิชา ชัยจันดี (2552) ที่พบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องนี้ โดยนักเรียนเข้าใจว่าแสงสีต่างๆ ไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะพืชยังได้รับแสงอยู่ ดังนั้นหากพืชได้รับแสงสีเขียวอย่างเดียวก็ยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติ ในทางกลับกันนักเรียนอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าพืชต้องการแสงสีทุกสีในปริมาณที่เท่ากัน ดังนั้นหากได้รับแสงสีเขียวอย่างเดียวจะทำให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าปกติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในชีวิตประจำวัน สิ่งที่นักเรียนเห็นคือ แสงที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงคือแสงขาวจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีองค์ประกอบของสีทุกสี ดังนั้น หากได้สีเขียวเพียงอย่างเดียวจะทำให้พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้อยลง สอดคล้องกับ นุชนารถ ลิมาภิรักษ์ (2543) ที่พบว่านักเรียนเข้าใจว่าพืชต้องการแสงหลายสีในปริมาณที่เท่ากันในการสังเคราะห์ด้วยแสง

สำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่านักเรียนเข้าใจว่าพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สิริธนา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ยุตาคม (2547) และ Kose (2008) ทั้งนี้เพราะนักเรียนคิดว่าคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกนำไปสร้างเป็นน้ำตาล ซึ่งสามารถเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมโดยการหายใจระดับเซลล์ให้พลังงานได้ นอกจากนี้นักเรียนอีกส่วนหนึ่งเข้าใจว่าพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการแลกเปลี่ยนแก๊สแล้วให้ออกซิเจนออกมา เนื่องจากนักเรียนเข้าใจว่ากระบวนการสังเคราะห์

ด้วยแสงคือการหายใจหรือการแลกเปลี่ยนก๊าซของพืช เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Barker (1985), Lumpe and Staver (1995) และ Kose (2008) ซึ่งพบว่านักเรียนสับสนระหว่างการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ เนื่องจากนักเรียนคิดว่าทั้งสองกระบวนการมีความคล้ายคลึงกันตรงที่มีการใช้ก๊าซ และได้ก๊าซออกมาจากกระบวนการ จึงใช้คำว่าแลกเปลี่ยนแก๊สเหมือนกัน นอกจากนี้ ระบบการศึกษาที่ให้นักเรียนเรียนเรื่องเดียวกันแต่มีความลุ่มลึกหรือความยากขึ้นในระดับสูง อาจทำให้นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้ เช่น การที่นักเรียนได้เรียนสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงมาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมาสมการเดียว ทำให้นักเรียนคิดว่าการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชทุกชนิดเหมือนกัน และสำหรับแนวคิดเรื่องโฟโตเรสไพเรชันที่พบว่านักเรียนเข้าใจว่าเป็นกระบวนการเดียวกันกับการหายใจ เนื่องจากมีการใช้ออกซิเจนเหมือนกัน ซึ่งจากแนวคิดเรื่องการหายใจที่คลาดเคลื่อนทำให้ผู้วิจัยมองเห็นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องนี้ด้วย คือนักเรียนเข้าใจว่าพืชสังเคราะห์ด้วยแสงในเวลากลางวัน และหายใจในเวลากลางคืน ดังนั้น นักเรียนจึงเข้าใจว่าพืชสามารถตรึงออกซิเจนแทนคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในเวลากลางคืน ซึ่งสอดคล้องกับ สิริณากิจเกื้อกูล และ นฤมล บุตาคม (2547) ที่พบว่านักเรียนเข้าใจว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดในเวลากลางวันและให้ออกซิเจนออกมา ส่วนการหายใจเกิดในเวลากลางคืนและคายคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา

หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น เห็นได้จากจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) มีจำนวนเพิ่มขึ้น นักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) มีจำนวนลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของไตรรัตน์ รัตนเดช (2551); อาทิตยา จิตเอื้อเพื่อ (2551); ชื่นจิต แสนสุข (2553); ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) และจิตติมา คมหอม (2553) ซึ่งพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนานักเรียนให้มีความเข้าใจแนวคิดมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก

1. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอน โดยผู้วิจัยได้จัดให้มีการทดสอบแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้อาจารย์วางแผนการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งหากพบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องใดผู้วิจัยจะได้วางแผนการจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนให้เป็นแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น ซึ่งหากนักเรียนพบว่าแนวคิดใหม่มีความเป็นไปได้ (Plausibility) สามารถเข้าใจได้ (Intelligibility) มีประโยชน์ (Fruitfulness) และเกิดความไม่พึงพอใจในแนวคิดเดิม (Dissatisfaction) นักเรียนก็จะสามารถเปลี่ยนแปลงแนวคิดจากเดิมที่คลาดเคลื่อน

เป็นแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องมากขึ้น (Posner *et al.*, 1982) ยกตัวอย่างเช่น ในการจัดการเรียนการสอน เรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งก่อนเรียนพบว่านักเรียนเข้าใจว่าสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงมีอย่างเดียวก็คือคลอโรฟิลล์ ผู้วิจัยจึงออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้ ทดสอบสารสีที่มีอยู่ในใบไม้ ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีกระดาษ ซึ่งสามารถแยกสารสีที่มีอยู่ในใบไม้ ได้เป็นคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี แคโรทีน และแซนโทโรฟิลล์ ทำให้นักเรียนได้เห็นว่าใบไม้ ที่เราเห็นเป็นสีเขียวนั้น ไม่ได้มีแค่คลอโรฟิลล์แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งแนวคิดใหม่ที่เกิดขึ้นนี้สามารถ นำไปใช้ในการอธิบายการเปลี่ยนสีของใบไม้ในช่วงฤดูใบไม้ร่วงหรือฤดูหนาวได้ ทำให้นักเรียน เห็นว่าแนวคิดใหม่นี้สามารถนำไปใช้อธิบายสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวันได้ จึงเกิด ความไม่พึงพอใจในแนวคิดเดิมและเห็นว่าแนวคิดใหม่นั้นมีความเป็นไปได้ สามารถเข้าใจได้และ มีประโยชน์จึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียนเป็นแนวคิดที่ถูกต้องขึ้นได้

2. มีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ในการจัดการเรียน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การใช้คำถามเป็นสิ่งสำคัญที่จะให้นักเรียนสนใจ คิดและติดตาม ในการเรียน คำถามที่ใช้ต้องชัดเจนเจาะจงไม่กำกวม เช่น ถามว่าคลอโรพลาสต์มีโครงสร้างและ หน้าที่อย่างไร ไม่ใช่ คลอโรพลาสต์เป็นอย่างไร เป็นต้น ใช้ภาษาง่ายๆ ทำท่ายและช่วยให้นักเรียนตอบ ซึ่ง แก้วตา ไทรงาม (2553) ได้ให้ความเห็นว่า การถามเป็นเครื่องมือการสอนที่มีอำนาจ ความคิด สร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้จากการถามที่ดี การถามคำถามจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระหาย ในการเรียนรู้ตั้งแต่ต้นจนจบ (Hand and Keys, 1999) โดยคำถามอาจเกิดขึ้นจากตัวนักเรียนเอง ครู สื่อการเรียนการสอน หรือแหล่งการเรียนรู้อื่นๆ โดยครูมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้นักเรียน สร้างคำถาม คำถามที่ดีควรเป็นคำถามที่มีความหมายสำหรับนักเรียนคือสามารถใช้การสังเกตหรือ ใช้ความรู้ของตนเองในการสืบเสาะแสวงหาคำตอบได้ (NRC, 2000) นอกจากนี้ คำถามที่ผู้วิจัยใช้ ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนทั้งชั้นตอบได้ ซึ่งเป็นกลยุทธ์อย่างหนึ่งที่ต้องการให้นักเรียน ทั้งชั้นมีส่วนร่วมในการอภิปรายคำถามที่ครูถามไป ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมาก เพราะมีหลักฐานว่า ยิ่งนักเรียนมีโอกาสได้พูดหรือตอบคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มากเท่าไร นักเรียนก็จะได้เรียนรู้ มากขึ้น (จริยา สุจารีกุล, 2551: 93-94)

3. นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติในการสำรวจค้นหาด้วยตนเอง ได้เรียนรู้จาก ประสบการณ์จริง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ ยกตัวอย่างเช่น การเขียน สมการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน ซึ่งก่อนเรียนนี้นักเรียนเขียนสารที่อยู่หน้าลูกศร หลังลูกศร และบนลูกศรของสมการสลับกัน ซึ่งจากการสอบถามนักเรียนที่เขียนมาอย่างนั้นนักเรียนบอกว่า จำได้ต่างๆ ว่ามีสารเหล่านี้ในสมการ แต่จำไม่ได้ว่าสารใดอยู่ตรงไหน แต่หลังจากได้ผ่านกิจกรรม

การเรียนสอนที่ผู้วิจัยให้ทำกิจกรรมน้ำเปลี่ยนสี พบว่านักเรียนสามารถเขียนสมการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างถูกต้องมากขึ้น ซึ่งนักเรียนบอกว่าการทำกิจกรรมทำให้เข้าใจและสามารถเขียนสมการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างรู้ความหมายมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการเรียนรู้จะเกิดขึ้นไม่ได้หากนักเรียนไม่ได้ลงมือทำ การเรียนที่จัดให้นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ใช้ความคิดในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งผลต่อพัฒนาการทางความคิดของนักเรียนได้ดีขึ้น (Dewey, 1916 อ้างใน ชื่นจิต แสนสุค, 2553) และการเกิดแนวคิดของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง นักเรียนจะต้องเข้าใจความหมายของสิ่งนั้นอย่างแท้จริงและฝังแน่นในจิตใจ ไม่ใช่เกิดจากการจำแบบนกแก้วนกขุนทอง ซึ่งแนวคิดจะเกิดได้ต่อเมื่อนักเรียนมีประสบการณ์ตรงหรือประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมของสิ่งนั้น (สุวัฒน์ นิยมคำ, 2517: 17) นอกจากนี้ การได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น มีโอกาสได้รับคำชี้แจงหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากผู้อื่น ทั้งจากเพื่อนและครู ในการอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์และการสื่อสารพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น ทำให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ช่วยพัฒนาความสามารถทางปัญญา โดยการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่เชื่อว่า การเรียนรู้เกิดจากการที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไม่ได้เกิดจากการถ่ายทอดความรู้จากครู หรือนักเรียนเพียงแต่จดจำแนวคิดต่างๆ ที่มีผู้บอกให้เท่านั้น แต่การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบเสาะ สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน (กรมวิชาการ, 2545)

ซึ่งแนวคิดที่นักเรียนมีพัฒนาการมาก คือแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ (ข้อที่ 1) ที่มีพัฒนาการจากกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 45.83% และ 83.33% ตามลำดับ) เป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 43.75% และ 45.83% ตามลำดับ) แนวคิดเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (ข้อที่ 4) ที่มีการพัฒนาจากกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 58.33%) เป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 64.58%) แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (ข้อที่ 11) ที่มีการพัฒนาจากกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM: 43.75%) เป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 58.33%) และแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM (ข้อที่ 12) ที่มีการพัฒนาจากกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N: 60.42%) เป็นกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU: 47.92%)

โดยในแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ที่มีการพัฒนามากนั้น อาจเนื่องมาจากแนวคิดนี้ไม่ซับซ้อนมากนัก อีกทั้งในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยนำภาพ โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมาให้นักเรียนดู และให้นักเรียน สร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ ซึ่งช่วยให้นักเรียนมองเห็นคลอโรพลาสต์ได้อย่างเป็นรูปธรรม มากขึ้น จึงสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องนี้ของนักเรียนได้ดี ซึ่ง Ross, Tronson and Ritchie (2005) ได้ให้ความเห็นว่า การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์สามารถทำให้แนวคิดที่เป็น นามธรรมในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถจับต้องได้และเห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ส่วนแนวคิด เรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พัฒนาได้มากนั้น อาจเนื่องมาจากการที่นักเรียนได้ ลงมือปฏิบัติและเห็นบทบาทของสารสีจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer จากการสาธิตของครู ทำให้นักเรียนเข้าใจบทบาทของสารสีที่ช่วยในการดูดกลืนแสงของพืชได้มาก ขึ้น สำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ที่พบว่านักเรียนเข้าใจบทบาทของ คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสอนผู้วิจัยได้ หยิบยกประเด็นเรื่องแนวคิดคลาดเคลื่อนก่อนเรียนที่นักเรียนเข้าใจว่า คาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำไป แลกเปลี่ยนแก๊สแล้วให้ออกซิเจนออกมาหรือถูกนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วย แสง มาอภิปรายหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรม ซึ่งการที่นักเรียนได้มีโอกาสในการเปรียบเทียบแนวคิด เดิมกับแนวคิดใหม่ ทำให้นักเรียนตระหนักได้ว่าแนวคิดเดิมยังมีข้อบกพร่อง และแนวคิดใหม่มี ความเป็นไปได้ สามารถเข้าใจได้ จึงเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดใหม่ที่ถูกต้องมากขึ้น ตาม แนวคิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Posner *et al.*, 1982) และสำหรับแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาการตรึง คาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM ที่พบว่านักเรียนพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับประสิทธิภาพภาพการ ใช้น้ำของพืชกลุ่มนี้ว่าใช้น้ำน้อยที่สุดในการสังเคราะห์ด้วยแสง เนื่องจากภาพรวมของพืชกลุ่มนี้ เป็นพืชที่ทนแล้ง เช่น กระบองเพชร หรือสับปะรด ซึ่งจากประสบการณ์ที่ผ่านมานักเรียนทราบอยู่ แล้วว่าพืชประเภทนี้สามารถเจริญได้ในที่ที่มีน้ำน้อย จึงทำให้เข้าใจแนวคิดนี้ได้ไม่ยาก

แต่อย่างไรก็ดี ในบางแนวคิดพบว่านักเรียนมีพัฒนาการบางส่วนไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาด ไว้ กล่าวคือ ในส่วนการพัฒนาแนวคิดในแต่ละแนวคิด มีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้อง บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) เพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนการสอน อีกทั้ง ในแนวคิดเรื่องปฏิกิริยาแสงและปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ มีนักเรียนในกลุ่มที่มี ความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจากการพิจารณา การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนรายบุคคลพบว่า นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ที่เพิ่มขึ้นหลังเรียนนั้น ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่มีพัฒนาการขึ้นมาจากนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ส่วนในแนวคิด

เรื่องปฏิกิริยาแสงและปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เพิ่มขึ้นนั้น เป็นนักเรียนที่มาจากกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนที่เปลี่ยนแปลงจากกลุ่มที่ไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) มาเป็นความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) นั้นพบว่านักเรียนส่วนหนึ่งในกลุ่มนี้เข้าใจว่าหากพืชไม่ได้รับแสงจะยังสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากยังมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์หรือยังเกิด dark reaction โดยไม่ใช้แสงได้ และนักเรียนอีกส่วนหนึ่งในกลุ่มนี้เข้าใจว่าพืชกลุ่ม CAM ที่เปิดปากใบในเวลากลางคืนสามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตอนกลางคืนได้โดยไม่ใช้แสง ซึ่งก็จะสามารถสร้างน้ำตาลโดยไม่ใช้แสงได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kijkuakul (2006) และนุชนารถ ลิมาภิรักษ์ (2543) ที่พบว่านักเรียนมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืชมี 2 แบบคือ การสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน เรียก light reaction กับแบบที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เรียก dark reaction (Kijkuakul, 2006) และพืชสามารถสังเคราะห์น้ำตาลได้โดยไม่ต้องอาศัยแสงแดด (นุชนารถ ลิมาภิรักษ์, 2543) ซึ่งจากคำตอบของนักเรียนทำให้ทราบว่านักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในขั้นปฏิกิริยาแสงและขั้นปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการสอน ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาแสงและปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แยกออกจากกันอยู่คนละคาบ ซึ่งในแต่ละคาบได้ให้ความสำคัญ กับแนวคิดนั้นๆ โดยการเชื่อมโยงแนวคิดทั้งสองนี้ผู้วิจัยได้กล่าวในการนำเข้าสู่บทเรียนและสรุปของการจัดการเรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นส่วนของต้นคาบและท้ายคาบที่นักเรียนจะมีความสนใจและความพร้อมในการเรียนน้อยกว่าการเรียนในช่วงกลางคาบ

สำหรับในการพัฒนาแนวคิดในภาพรวม พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 63.65 คะแนน คิดเป็น 69.00% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 60.49% จัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนามีระดับสูง แต่อย่างไรก็ดี ยังมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่มีการพัฒนาแนวคิดไม่ถึงเกณฑ์ที่ผู้วิจัยวางไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ ก่อนการจัดการเรียนการสอนนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมาก่อนทำให้ไม่สามารถสร้างแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีข้อสังเกตว่า หากนักเรียนมีแนวคิดเดิมที่คลาดเคลื่อนอาจส่งผลต่อการสร้างแนวคิดใหม่ที่ต้องการ ทั้งนี้เพราะการมีแนวคิดเดิมที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลต่อแนวคิดใหม่ที่คลาดเคลื่อนด้วย (Westbrook and Marek, 1992) อีกทั้งแนวคิดในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงค่อนข้างเป็นนามธรรม ซึ่งอาจต้องใช้จินตนาการในการทำ ความเข้าใจ อาจทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการที่ผิดไปจากความเป็นจริงได้ (Fisher, 1985) โดยเฉพาะแนวคิดเรื่องการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ พิชชา ชัยจันดี

(2551) และ Kijkuakul (2006) ที่พบว่าหลังจากการเรียนนักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในแนวคิดดังกล่าวอยู่เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ นักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะของแบบวัดที่เป็นรูปแบบอัตนัยและข้อคำถามสองชั้น เพราะในการประเมินผลที่ผ่านมาของผู้วิจัยรวมทั้งในวิชาต่างๆ ของทางโรงเรียนนั้น ส่วนใหญ่เป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่เป็นรูปแบบปรนัย ดังนั้นจึงอาจทำให้นักเรียนไม่มีทักษะในการเขียนอธิบายคำตอบ และรู้สึกท้อในการทำแบบวัดที่ต้องเขียนมาก แต่อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยคิดว่าแบบวัดที่ให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินการได้แสดงความคิดเห็นของตนเองนั้นทำให้ครูเข้าใจความเข้าใจของนักเรียนมากขึ้น และเป็นการฝึกความสามารถในการสื่อสารความเข้าใจของนักเรียนได้ดี ซึ่งเป็นสิ่งที่ควรพัฒนา ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาแบบทดสอบในเนื้อหาอื่นๆ ที่ผู้วิจัยสอนให้เป็นรูปแบบนี้มากขึ้น เพื่อพัฒนาทักษะในด้านนี้ของนักเรียนต่อไป

การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน และการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน

จากการทดสอบมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนด้วยแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่าก่อนการจัดการเรียนการสอนนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ยกเว้นการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC) ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์และด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) แต่หลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน พบว่านักเรียนมีมุมมองในกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) และมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) เพิ่มขึ้น และมีมุมมองในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) และกลุ่มที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC) ลดลง ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงร้อยละของจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการเรียนรู้ในแต่ละด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา (n=48)

ด้านที่ศึกษา	ข้อ	มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (%)							
		IV*		TV*		NV*		NC*	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	1	0.00	12.50	68.75	85.42	29.17	2.08	2.08	0.00
2. การสังเกต ลงความเห็นและมีความรับผิดชอบตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์	4	0.00	8.33	79.17	87.50	16.67	0.00	4.17	4.17
	7	6.25	18.75	70.83	77.08	12.50	2.08	10.42	2.08
3. ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์	5	0.00	4.17	4.17	77.08	93.75	18.75	2.08	0.00
4. จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	8	6.25	16.67	85.42	81.25	8.33	2.08	0.00	0.00
5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	9	4.17	33.33	27.08	41.67	18.75	8.33	50.00	16.67
6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์	10	6.25	47.92	64.58	31.25	29.17	20.83	0.00	0.00
7. ภาษาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์	2	0.00	8.33	12.50	43.75	87.50	47.92	0.00	0.00
	3	16.67	31.25	33.33	50.00	33.33	8.33	16.67	10.42
8. ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	6	20.83	45.83	70.83	52.08	6.25	2.08	2.08	0.00

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้

เมื่อพิจารณาในแต่ละด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาพบว่านักเรียนมีพัฒนาการในแต่ละด้านที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจะนำเสนอรายละเอียดการพัฒนาในแต่ละด้าน โดยแสดงตัวอย่างคำตอบส่วนใหญ่ในด้านนั้นจากแบบวัดก่อนเรียนและหลังเรียน (สำหรับตัวอย่างคำตอบในกลุ่มอื่นๆ อยู่ในภาคผนวก ข) รวมทั้งสอดแทรกการสอน และการเรียนรู้ของนักเรียนในขณะที่เรียนในห้องเรียนในด้านนั้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 1. ที่ถามว่า “ในมุมมองของนักเรียน วิทยาศาสตร์คืออะไร และอะไรที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่น (เช่น ภาษาไทย ศาสนา ปรัชญา)” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ วิทยาศาสตร์มีบทบาทในการให้คำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ สิ่งที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่น คือ วิธีการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มาจากกระบวนการที่เป็นเหตุเป็นผล และที่สำคัญคือมีหลักฐานเชิงประจักษ์ ให้ผลที่วัดได้ ตรวจสอบได้ ทำซ้ำได้และมีการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการอยู่เสมอ”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 68.75%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ที่อยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) มีมุมมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีเหตุมีผล สามารถพิสูจน์ได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์เข้ามาบางส่วนตรงที่เห็นว่าวิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความจริง หรือวิทยาศาสตร์ต้องมีการทดลอง ยกตัวอย่างคำตอบในกลุ่มนี้ เช่น “วิทยาศาสตร์ คือวิชาที่ต้องใช้หลักการและเหตุผลว่าจะทำอะไรก็ต้องใช้เหตุผล และอ้างอิงถึงทฤษฎี แตกต่างกับวิชาอื่นตรงที่ ต้องใช้การวิเคราะห์ที่เป็นเหตุเป็นผล คิดถึงสภาพความเป็นจริงและวิทยาศาสตร์ต้องใช้การสังเกต (NA25)” “วิทยาศาสตร์ คือวิชาที่เกี่ยวกับเหตุและผล ทุกอย่างสามารถหาคำอธิบายได้และทุกอย่างที่เรียนคือเรื่องจริง รู้จริง ทำจริง ซึ่งต่างกับวิชาอื่นตรงที่บางวิชายังไม่ได้ศึกษาทดลองจริง บางวิชาไม่รู้ว่ามีใครเป็นผู้คิด และบางวิชาหาเหตุผลไม่ได้ (NA21)” (ข้อความที่เป็นตัวหนาคือข้อความที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์)

ในการจัดการเรียนการสอน สำหรับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ ผู้วิจัยขอให้รายละเอียดในการสอนเพื่อเป็นตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยครั้งนี้

สำหรับการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้เข้าไปในเนื้อหา ผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการไปในการเรียนการสอนหลายครั้งด้วยกัน ได้แก่ การสอนเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และโฟโตเรสไพเรชัน ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการสอนในเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยหลังจากที่นักเรียนได้ทำกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ในการแยกสารสีในใบไม้โดยวิธีโครมาโทกราฟี กระดาษที่ทำให้นักเรียนเห็นได้ว่านอกจากสีเขียวของคลอโรฟิลล์แล้ว ใบไม้ยังมีสารสีอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงด้วย ซึ่งผู้วิจัยใช้โอกาสจากกิจกรรมนี้บ่งชี้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ โดยหลังจากที่นักเรียนทำการทดลองเสร็จผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้

ผู้วิจัย : จากผลการแยกสารสีที่มีอยู่ในใบไม้สีเขียว นักเรียนตรวจพบสารสีชนิดใดบ้าง

นักเรียน : คลอโรฟิลล์ แครโรทีนอยด์

ผู้วิจัย : คลอโรฟิลล์เป็นสารสีใดเอ่ย

นักเรียน : สีเขียว

ผู้วิจัย : แครโรทีนอยด์เป็นสารสีใด

นักเรียน 1 : สีส้ม

นักเรียน 2 : สีเหลือง

ผู้วิจัย : ค่ะ บางกลุ่มก็เห็นเป็นสีส้ม บางกลุ่มก็เห็นเป็นสีเหลืองไข่มุกค่ะ แล้วนักเรียน
เชื่อไหมคะว่าใบไม้ที่เราเห็นเป็นสีเขียวโดยทั่วไปนั้น มีสารสีส้มหรือเหลืองนี้อยู่

นักเรียน : เชื่อ

ผู้วิจัย : ทำไมถึงเชื่อละคะ

นักเรียน 1 : เพราะเราเห็นผลจากการทดลอง

นักเรียน 2 : ผลการทดลองที่อยู่บนกระดาศโครมาโทกราฟี

ผู้วิจัย : แสดงว่าสีที่เห็นบนกระดาศโครมาโทกราฟีเป็นสิ่งที่ยืนยันข้อความรู้ที่เราได้
วันนี้ว่าในใบไม้มีคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์อยู่ นักเรียนทราบหรือเปล่า
คะว่านักวิทยาศาสตร์เรียกสิ่งที่ยืนยันความรู้ที่เขาค้นพบว่าจะอะไร

นักเรียน : หลักฐาน

ผู้วิจัย : ถูกต้องคะ หลักฐาน หรือประจักษ์พยาน

(ถอดเทปการสอนวันที่ 26 สิงหาคม 2554)

จากนั้นผู้วิจัยจึงให้นักเรียนเห็นว่าหลักฐานจากการศึกษาเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้
นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาได้ และผู้วิจัยให้นักเรียนสะท้อนความคิด
ว่าหลักฐานมีความสำคัญต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ซึ่งพบว่าหลังเรียนนักเรียน
เห็นความสำคัญของหลักฐานที่มีต่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยดูได้จากอนุทินที่นักเรียน
เขียนมาว่า “การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ต้องมีหลักฐาน (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J42)”
“เราสามารถรู้ได้ว่าในใบไม้มีสารสีอื่นนอกจากสีเขียว โดยดูได้จากหลักฐานจากการทดลอง คือสีที่เห็น
บนกระดาศโครมาโทกราฟี (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J27)” นอกจากนี้ ในคาบสุดท้าย
หลังจากที่นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความเป็นวิทยาศาสตร์มาพอสมควร ผู้วิจัยให้นักเรียนลองให้
ความหมายของคำว่าวิทยาศาสตร์ ว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร และแตกต่างจากสาขาอื่นอย่างไร ปรากฏว่า
นักเรียนสามารถบอกได้ว่าวิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์สาขาอื่นตรงที่มีหลักฐาน แต่ยังไม่
สามารถบอกได้อย่างสมบูรณ์ว่าวิทยาศาสตร์คืออะไร ดังนั้นทีกในแบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ที่ว่า
“นักเรียนยังไม่สามารถให้นิยามคำว่าวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง เพียงแต่แสดงความคิดเห็นเป็น
คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ เช่น การศึกษาธรรมชาติ ต้องมีหลักฐาน มีการทดลอง มีเหตุผล
เป็นต้น แต่ยังไม่สามารถเรียบเรียงเป็นประโยคที่สมบูรณ์ได้ ครูต้องช่วยในการเรียบเรียงคำเพื่อ
สร้างนิยามคำว่าวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ให้กับนักเรียน (บันทึกหลังสอนวันที่ 16 กันยายน 2554)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยมีนักเรียนในกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับ
ประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV: 12.50%) มากขึ้น ซึ่งนักเรียนสามารถบอกลักษณะเฉพาะของ
วิทยาศาสตร์ได้ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการคิด สังเกต แสวงหา
ความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติแตกต่างจากสาขาวิชาอื่น คือ ใช้หลักเหตุและผล มีหลักฐาน
ยืนยัน (NB41)” และนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 85.42%) ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่า

ก่อนเรียน โดยนักเรียนสามารถบอกถึงลักษณะความเป็นกระบวนการในการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติได้ แต่นักเรียนยังคงมีความเห็นว่านอกจากวิทยาศาสตร์จะแตกต่างจากศาสตร์สาขาอื่นตรงที่มีหลักฐานแล้ว วิทยาศาสตร์ยังแตกต่างจากสาขาอื่นตรงที่มีการทดลองด้วย ยกตัวอย่างเช่น “วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และมีบทบาทในการอธิบายธรรมชาติ แตกต่างจากวิชาอื่นที่วิทยาศาสตร์มักต้องมีการทดลอง มีการพิสูจน์ เพื่อดังเป็นทฤษฎีต่างๆ และกฎต่างๆ ขึ้น (NB13)” “วิทยาศาสตร์คือ กระบวนการที่ใช้ในการศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาอื่นคือ วิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลอง ต้องใช้การพิสูจน์เพื่อหาข้อเท็จจริง (NB25)”

2) การสังเกต ลงความเห็นและความคิดค้นตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

ด้านนี้มีคำถามที่เกี่ยวข้อง 2 ข้อ โดยมีบริบทของคำถามต่างกัน ซึ่งนักเรียนมีกลุ่มคำตอบก่อนเรียนและหลังเรียนเหมือนกันทั้ง 2 ข้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากคำถามข้อที่ 4. ที่ว่า “แบบเรียนวิทยาศาสตร์ มักนำเสนอโครงสร้างของอะตอมว่า “ตรงกลางเป็นนิวเคลียส ซึ่งประกอบด้วยโปรตรอน และนิวตรอน และมีอิเล็กตรอน โคจรรอบๆ นิวเคลียส” นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าโครงสร้างดังกล่าวเป็นเช่นนั้น” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “นักวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเห็นโครงสร้างอะตอมที่แท้จริงได้เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กมาก เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสที่มนุษย์จะรับรู้ได้ แต่นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโครงสร้างอะตอมมีลักษณะอย่างนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม จากเครื่องมือที่มีอยู่ในขณะนั้น รวมทั้งการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ในการสร้างแบบจำลองเหล่านั้นขึ้นมา และกำหนดข้อความที่จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผลที่เกี่ยวข้องกับหลักฐานที่มีอยู่”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 79.17%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองที่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) โดยนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ที่อยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) มีมุมมองว่านักวิทยาศาสตร์ได้ข้อสรุปมาจากการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง แต่ยังไม่มีความเกี่ยวข้องกับการสังเกตโดยอ้อม ยกตัวอย่างเช่น “เพราะนักวิทยาศาสตร์เขาได้ทำการทดลองมาแล้ว ซึ่งผลออกมาเป็นไปตามที่เขาคาดไว้ จึงสรุปเป็นทฤษฎีออกมา (NA34)” “ส่วนหนึ่งได้มาจากทฤษฎี แต่ได้มีการพิสูจน์มาหลายคน นำมาตรวจสอบแล้วจึงสรุปผล นำมาทำหลายๆ ครั้ง จนแน่ใจว่าแต่ละธาตุมีสมบัติอย่างไร (NA41)”

ในการจัดการเรียนการสอนด้านนี้ ผู้วิจัยมีโอกาสสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ในการสอนเรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง โดยยกตัวอย่างเช่นในการสอนเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง หลังจากที่นักเรียนทราบว่าในใบไม้สีเขียวมีสารสีอื่นนอกจาก สีเขียว อยู่ด้วยแล้วจากหลักฐานในการทำกิจกรรมโครมาโทกราฟีกระดาษ ผู้วิจัยใช้โอกาสนี้บ่งชี้ให้นักเรียนเห็นว่าจากสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็นได้จากการทดลอง หรือการสังเกตโดยอ้อม นำมาแปลความหมายหรือลงความเห็นว่า ใบไม้สีเขียวที่เห็นไม่ได้มีแต่สารสีเขียวอย่างเดียว ยังมีสารสีอื่นอยู่ด้วยแต่เรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่าเนื่องจากสารสีนี้มีปริมาณที่มากกว่า แต่ที่เราเชื่อว่ามีสารสีอื่นอยู่ด้วยเนื่องจากมีหลักฐานจากการทดลอง นักวิทยาศาสตร์เรียกสิ่งที่เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้นเนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อมว่า ความมืดตามตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ โดยในการอภิปรายในชั้นเรียนนักเรียนสามารถยกตัวอย่างสิ่งที่มีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ เช่น อะตอม กาแล็กซี่ ออกซิเจนในอากาศ เป็นต้น ซึ่งภายหลังการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนสามารถเข้าใจความมืดตามตามทฤษฎีได้ โดยเห็นได้จากอนุทินของนักเรียนที่ว่า “บางสิ่งไม่สามารถมองเห็นได้ แต่สามารถรับรู้ได้ว่ามีอยู่จริง เพราะได้รับการพิสูจน์ด้วยการทดลองแบบต่างๆ จนนำมาตั้งเป็นกฎและทฤษฎี (อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2554, J24)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคม (IV: 8.33%) มากขึ้นและไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 87.50%) ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่านักวิทยาศาสตร์ได้ข้อสรุปมาจากการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง แต่ยังไม่ได้พูดถึงการการสังเกตโดยอ้อม ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองพิสูจน์เรียบร้อยแล้ว และไม่ซ้ำแค่ครั้งเดียว ซึ่งทุกครั้งได้ผลจากการทดลองเช่นเดิม (หรือใกล้เคียง) ทำให้สามารถสรุปผลโครงสร้างมาเป็นเช่นนี้ได้ ซึ่งสามารถทดลองเพื่อพิสูจน์ซ้ำได้อีก ก็จะได้ผลเช่นเดิม (NB45)” “เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษากันมาหลายรุ่นแล้ว และได้พัฒนาการมาเรื่อยๆ ซึ่งได้มาจากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง จนได้ข้อสรุปที่น่าเชื่อถือ (NB36)”

จากคำถามข้อที่ 7. ที่ว่า “แบบเรียนวิทยาศาสตร์ มักนิยาม “สปีชีส์” ว่าเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิต ที่มีลักษณะเหมือนกันและสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน” นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าลักษณะของสปีชีส์เป็นเช่นนั้น” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “การนิยามคำว่า สปีชีส์ เป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายข้อมูลจากการสังเกตและการลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ในธรรมชาติที่นักวิทยาศาสตร์ให้นิยามคำว่าสปีชีส์ไว้อย่างนั้น เนื่องจากมีปัจจัยพยานจากการเก็บรวบรวมข้อมูล จากนั้นมีการลงความเห็นอย่างเป็นเหตุเป็นผล ร่วมกับการคิดสร้างสรรค์และความรู้เดิมของนักวิทยาศาสตร์”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 70.83%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่อยู่ในกลุ่มนี้มีมุมมองว่าเพราะมีหลักฐานจากการทดลอง แต่ไม่ได้พูดถึงการลงความเห็นจากหลักฐาน อาทิ “มาจากการทดลอง นำสัตว์จริงๆ มาลองผสมพันธุ์ (NA43)” “เพราะนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการทดลองแล้ว เช่น นำม้ากับลาผสมกันได้ลูก (NA15)” “เพราะเกิดจากการตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมของสปีชีส์นั้นๆ ซ้ำ หรืออาจนำสัตว์ (สิ่งมีชีวิตนั้น) มาผสมเทียม (NA06)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ในการสอนเรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง ดังกล่าวแล้วข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคม (IV: 18.75%) มากขึ้น โดยนักเรียนบอกได้นักวิทยาศาสตร์สรุปผลหรือลงความเห็นมาจากการทดลองหลายๆ ครั้ง ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ได้มีการทดลองจากนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ซึ่งแต่ละครั้งในการทดลองจะไม่ทดลองเพียงครั้งเดียว เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนจะทำหลายๆ ครั้งและหลายๆ ท่านอาจจะทำคล้ายกันแล้วเมื่อได้ผลการทดลองออกมาคล้ายกันก็สรุปผลออกมา (NB37)” และนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 77.08%) ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าเพราะมีหลักฐานจากการทดลอง หรือทดลองจนมั่นใจแล้วแต่ยังไม่ได้พูดถึงการลงความเห็นจากหลักฐานเช่นเดียวกับก่อนเรียน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “หลักฐานที่ได้จากการทดลอง ซึ่งสามารถหาได้จากการดูโครโมโซม การผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตจริงๆ และการสังเกตลักษณะของสิ่งมีชีวิต (NB27)” “เพราะสปีชีส์จะผสมแล้ว

ไม่เป็นหมัน ถ้าผสมข้ามสปีชีส์แล้วจะเป็นหมัน แน่ใจได้จากการทดลองและสังเกตเป็นเวลานาน (NB26)”

3) ทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 5. ที่ว่า “นักเรียนคิดว่าทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร สัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “ทฤษฎีและกฎเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์คนละประเภทกัน กฎ (law) คือข้อสรุปทั่วไปเป็นการบรรยายรูปแบบ หรือแนวโน้มข้อเท็จจริงในธรรมชาติ รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่สามารถสังเกตได้ หรือสิ่งที่สามารถรับรู้ได้ในธรรมชาติ ส่วนทฤษฎี (theory) จะให้คำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและกลไกที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์นั้นในธรรมชาติ กฎและทฤษฎีสัมพันธ์กัน โดยทฤษฎีสามารถให้คำอธิบายกฎได้ ทฤษฎีไม่ได้พัฒนาไปเป็นกฎ เช่นเดียวกับกฎก็ไม่ได้พัฒนาไปเป็นทฤษฎี ทั้งสองแตกต่างกัน เป็นประเภทขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างกฎและทฤษฎี เช่น กฎของบอยล์ และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 93.75%) และไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) มีมุมมองว่ากฎไม่เปลี่ยนแปลง ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ ทฤษฎีพัฒนามาเป็นกฎ กฎเป็นความจริงทฤษฎีเป็นความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้ามา ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “แตกต่าง ทฤษฎี คือสิ่งที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้อยู่เสมอ กฎ คือทฤษฎีที่ได้รับการยืนยันว่าถูกต้อง มีความสัมพันธ์กันที่ กฎเปลี่ยนแปลงมาจากทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับแล้วว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องได้รับการยืนยัน (NA19)” “กฎและทฤษฎีต่างกันตรงที่ ทฤษฎีสามารถลบล้างได้ แต่กฎทางวิทยาศาสตร์ลบล้างไม่ได้ ซึ่งสัมพันธ์กันตรงที่ ถ้าไม่มีทฤษฎีมาก่อนก็จะมีกฎทางวิทยาศาสตร์ (NA15)” “ทฤษฎี เป็นกฎหรือความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน ซึ่งศึกษาและทดลองหามาได้ และถ้ามีใครให้เหตุผลได้ดีกว่าก็สามารถเปลี่ยนทฤษฎีนั้นได้ แต่กฎทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ถูกต้องและเป็นจริง ซึ่งไม่สามารถมาเปลี่ยนกฎได้ (NA27)”

ในการจัดการเรียนการสอน เป็นที่น่าเสียดายว่าในการสอนครั้งนี้ไม่สามารถบูรณาการด้านนี้ในการเรียนได้ เนื่องจากผู้วิจัยยังไม่สามารถหาทฤษฎีและกฎที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

การสังเคราะห์ด้วยแสงที่จะอธิบายประเด็นนี้ได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยจึงสอนด้านนี้นอกเวลาเรียน โดยยกประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนจากแบบวัดมุมมองก่อนเรียน ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจบทบาทของกฎและทฤษฎี และมีมุมมองว่ากฎและทฤษฎีมีความแตกต่างตรงที่ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่กฎไม่เปลี่ยนแปลง มีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้นคือทฤษฎีสามารถพัฒนาเป็นกฎได้เมื่อได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นจริง และกฎมีความน่าเชื่อถือกว่าทฤษฎี จากนั้นบ่งชี้ให้เห็นถึงบทบาทของกฎและทฤษฎีในมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างกฎของบอยล์และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส รวมทั้งอภิปรายถึงความสัมพันธ์และความแตกต่างของกฎและทฤษฎี ซึ่งจากการอภิปรายในชั้นเรียนนักเรียนสามารถบอกได้ว่าทฤษฎีมีบทบาทในการอธิบายกฎ แต่ไม่สามารถบอกความแตกต่างได้ ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ชี้แนะ ดังข้อความในบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยว่า “นักเรียนพอเข้าใจบทบาทของทฤษฎีว่านักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ แต่ยังไม่ค่อยเข้าใจบทบาทของกฎมากนัก การยกตัวอย่างกฎของบอยล์และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ทำให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของกฎและทฤษฎีได้ชัดเจนขึ้น แต่ยังไม่สามารถบอกความแตกต่างของกฎและทฤษฎีได้ ครูต้องช่วย (บันทึกหลังสอนวันที่ 16 กันยายน 2554)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้นมาก โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 77.08%) ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้สามารถอธิบายได้ว่าทั้งกฎและทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และทฤษฎีให้คำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ รวมทั้งให้คำอธิบายกฎ แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจหน้าที่ของกฎมากนัก และยังไม่สามารถยกตัวอย่างความสัมพันธ์ของกฎและทฤษฎีได้อย่างชัดเจน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ทฤษฎีและกฎเกิดจากการพิสูจน์ ตั้งสมมติฐานการทดลองเพื่อหาคำตอบแล้ว แต่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ หากมีเหตุผลใหม่ๆ ที่น่าเชื่อถือกว่า (NB17)” “กฎคือการอธิบายให้เห็นเป็นรูปธรรม แต่ทฤษฎีใช้อธิบายว่ากฎนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร ยกตัวอย่างเช่น กฎของดอลตัน กับทฤษฎีอะตอม โดยกฎบอกว่ามี $p+n$ อยู่ในนิวเคลียส และมี e^- รอบๆ ทฤษฎีอธิบายว่า e^- วิ่งอยู่ได้ด้วยระดับพลังงานต่างๆ 8 ระดับ (NB16)”

4) จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 8. ที่ว่า “นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือจินตนาการในขั้นตอนต่างๆ ของการทดลองหรือการแสวงหาคำตอบหรือไม่ (ก่อนการเก็บข้อมูล ระหว่างการเก็บข้อมูล ภายหลังเก็บข้อมูล) และอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบในแต่ละข้อ” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “ความคิดสร้างสรรค์หรือจินตนาการถูกใช้ในทุกระยะของการทดลองหรือการแสวงหาคำตอบ ยกตัวอย่างเช่น ก่อนการเก็บข้อมูลใช้ในการ

สร้างคำถาม ตั้งสมมติฐาน การทำนายผล การวางแผนและออกแบบการเก็บข้อมูล ระหว่างการเก็บข้อมูลใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในการศึกษา หลังการเก็บข้อมูลใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการตีความหมายข้อมูล การนำเสนอผลการศึกษา เป็นต้น”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 85.42%) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่อยู่ในกลุ่มนี้มีมุมมองว่า ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการมักถูกใช้เฉพาะก่อนเก็บข้อมูลในการตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน วางแผน หรือออกแบบการทดลอง ส่วนระหว่างเก็บข้อมูลและหลังเก็บข้อมูลไม่ต้องใช้เพราะต้องในระหว่างเก็บข้อมูลต้องเก็บข้อมูลตามความจริง ใช้จินตนาการไม่ได้ และหลังเก็บข้อมูลเป็นเพียงการสรุปผลจากข้อมูลที่ได้มาเท่านั้นจึงไม่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ใช้ก่อนเก็บข้อมูล เพราะต้องคิดคำถามเพื่อการทดลองและตั้งสมมติฐาน แต่ระหว่างเก็บข้อมูลไม่ได้ใช้ เพราะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งเป็นความจริงจากการทดลองได้เลย และหลังจากเก็บข้อมูลก็ไม่ต้องใช้ เพราะเป็นการนำข้อมูลมาแจกแจงเท่านั้น จึงไม่ต้องใช้จินตนาการใดๆ (NA20)” “ใช้ก่อนเก็บข้อมูล เพราะเป็นการคิดเพื่อหาแนวคิดหรือปัญหาในการนำไปทดลองหรือหาวิธีการทดลองเพื่อให้เกิดผล แต่ระหว่างเก็บข้อมูลไม่ได้ใช้ เพราะหากใช้จินตนาการในการทดลอง การทดลองนั้นจะไม่ได้ผลที่ตรงต่อความจริง และหลังจากเก็บข้อมูลก็ไม่ต้องใช้ เพราะการเก็บข้อมูลคือการนำเอาความจริงมาเขียนบันทึก ดังนั้นเราจึงไม่ควรใช้ความคิดหรือจินตนาการในการเขียนคำตอบ (NA28) ”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสนในการสอดแทรกลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ในการสอนหลายครั้งด้วยกัน ได้แก่ ในการสอนประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิกิริยาแสง ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และ ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งแต่ละครั้งผู้วิจัยมีโอกาสนสอนเรื่องนี้ที่แตกต่างกัน เช่น ในการสอนเรื่องปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่นักเรียนได้ลงมือออกแบบการทดลองเอง ดำเนินการทดลองเอง และสรุปสิ่งที่ได้ศึกษาเอง ผู้วิจัยจึงใช้โอกาสนี้ถามนักเรียนว่า ในนักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในขั้นตอนใดในการศึกษาววันนี้บ้างหรือไม่ โดยนักเรียนตอบได้ว่าใช้ในการออกแบบการทดลองและการนำเสนอสิ่งที่ศึกษา แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่าในช่วงระหว่างทำการทดลองนักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการอย่างไร ดังข้อความในบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยว่า “วันนี้ได้ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเอง ทำการทดลองเอง ออกแบบตารางและกราฟเพื่อนำเสนอผลการทดลองเอง ซึ่งน่าจะทำให้นักเรียนได้เห็นว่ามีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการศึกษาขั้นต่างๆ ของการศึกษา แต่จากการอภิปรายในห้องเรียนนักเรียนยังบอกได้เพียงว่าใช้ในช่งก่อนการทดลองในการออกแบบการทดลอง และ

ช่วงหลังการทดลอง ในการออกแบบตารางการนำเสนอ แต่ยังบอกไม่ได้ว่าในขณะที่ศึกษามีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการอย่างไร ครูต้องช่วยชี้แนะ (บันทึกหลังสอนวันที่ 16 กันยายน 2554)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคม (IV: 16.67%) มากขึ้น โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการถูกใช้ไปในทุกขั้นตอนของการศึกษาและใช้ไปอย่างไร ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการถูกใช้ทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการเก็บข้อมูล โดยก่อนการเก็บข้อมูลใช้ในการเกิดคำถามในสิ่งที่จะศึกษา ระหว่างการเก็บข้อมูลใช้ในการคิดแก้ปัญหาสิ่งที่เกิดขึ้น หลังการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์และสรุปผล (NB44)” แต่นักเรียนส่วนใหญ่ยังมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 81.42%) ซึ่งลดลงกว่าก่อนเรียน โดยเมื่อติดตามการพัฒนารายคนพบว่านักเรียนในกลุ่มนี้เดิมพัฒนาไปเป็นกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) มากขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่ที่มีมุมมองในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) สามารถอธิบายได้ว่า ก่อนการเก็บข้อมูลมีการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในการตั้งสมมติฐาน วางแผน และออกแบบการเก็บข้อมูล และใช้หลังการเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง แต่ระหว่างการเก็บข้อมูล ไม่ได้ใช้เพราะเพียงแต่ดำเนินการตามที่วางแผนไว้ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ใช้ก่อนเก็บข้อมูล เพราะต้องออกแบบวิธีการเก็บข้อมูล วางแผนการจัดการ เช่น วางแผน ออกแบบสอบถาม ออกแบบการทดลอง และใช้หลังจากเก็บข้อมูลในการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง แต่ในระหว่างการเก็บข้อมูลไม่ต้องใช้เพราะขั้นนี้เป็นแค่การดำเนินการตามแผนที่วางแผนเอาไว้ (NB30)” “ใช้ก่อนเก็บข้อมูล เพราะต้องมีการตั้งสมมติฐานการทดลอง และใช้หลังจากเก็บข้อมูล ในการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล แต่ในขั้นระหว่างการเก็บข้อมูลไม่ต้องใช้ เพราะต้องใช้ความจริงที่เราเห็นตรงหน้า เช่น การนับฟองอากาศจากการทดลองเรื่องความเข้มข้น (NB40)”

5) การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 9. ที่ถามว่า “เชื่อกันว่าไดโนเสาร์สูญพันธุ์เมื่อประมาณ 65 ล้านปีก่อน ในบรรดาสมมติฐานทั้งหลายที่นักวิทยาศาสตร์เสนอเพื่อใช้อธิบายการสูญพันธุ์ มีอยู่เพียง 2 สมมติฐานเท่านั้นที่ได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวาง ถ้านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มสังเกตและลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันในการสร้างสมมติฐาน นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะยังคงเสนอสมมติฐานที่แตกต่างกันเช่นข้างต้นหรือไม่ เพราะเหตุใด” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “แม้ว่านักวิทยาศาสตร์สังเกตและลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ชุดเดียวกันแต่สามารถสร้างสมมติฐานที่แตกต่างกันได้ เนื่องจาก ค่านิยม ความเชื่อส่วนบุคคล ประสบการณ์การเดิม ของแต่ละคนไม่เหมือนกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สนใจและวิธีการที่ใช้ และเป็นตัวกำหนดให้นักวิทยาศาสตร์มองเห็น หรือมองไม่เห็นอะไร”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC: 50.00%) เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ตอบไม่ตรงคำถาม ซึ่งกลุ่มคำตอบของนักเรียนในลำดับรองลงมาคือ กลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 27.08%) โดยนักเรียนมีมุมมองว่าแต่ละคนย่อมมีความคิดที่ต่างกัน ได้ แต่ไม่ได้ให้เหตุผลว่าเหตุใดคนเราจึงคิดได้ต่างกัน ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “แตกต่างเพราะต่างคนต่างความคิด (NA21)” “ไม่เพราะถึงแม้จะเป็นข้อมูลเดียวกัน แต่ต่างคนที่ต่างความคิด (NA37)” “แตกต่าง เพราะนักวิทยาศาสตร์นั้น ไม่ได้มีแค่คนเดียว บางคนอาจเห็นสิ่งเดียวกัน แต่ก็บอกไม่เหมือนกับอีกคนเป็นเรื่องปกติ (NA31)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสดูแลสังเกตลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ 2 ครั้ง คือ ในการสอนเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และโฟโตเรสไพเรชัน และปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM โดยใช้โอกาสหลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาการทดลองของคัลวินและมีโอกาสได้ลงสร้างวัฏจักรคัลวินของตัวเองขึ้นมาซึ่งแต่ละกลุ่มจะสร้างออกมาเหมือนกันบ้าง แตกต่างกันบ้าง ซึ่งตรงนี้ชี้ให้นักเรียนเห็นว่าแม้ว่านักเรียนได้รับข้อมูลเหมือนกันแต่สามารถสร้างข้อสรุปที่แตกต่างกันได้ และใช้โอกาสนี้อภิปรายกับนักเรียนว่าอะไรที่ทำให้คนเราคิดไม่เหมือนกัน ซึ่งภายหลังการสอนพบว่านักเรียนสามารถเข้าใจได้ว่าความรู้พื้นฐานที่ต่างกันทำให้คนเราคิดไม่เหมือนกัน นักวิทยาศาสตร์ก็เช่นเดียวกันหากมีความรู้ต่างกันก็มีผลต่อการทำงานที่ต่างกันด้วย ดังคำพูดในอนุทินของนักเรียนที่ว่า “ความรู้เดิมของนักวิทยาศาสตร์ มีผลต่อการทำงานและการทดลองต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2554, J47)” “ความรู้เดิมของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านมีผลต่อการทำงานทางวิทยาศาสตร์ในครั้งถัดมา (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2554, J27)” “คนเรามีความคิดต่างกัน มีความรู้พื้นฐานต่างกันก็จะอธิบายในสิ่งที่เกิดขึ้นได้ต่างกัน จะอธิบายไปในทางที่ตนเองถนัด (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2554, J20)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 41.67%) และมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) มากขึ้นเป็น 33.33% โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้พื้นฐานที่ต่างกันมีผลต่อการสร้างสมมติฐานของนักวิทยาศาสตร์ ดังคำตอบนักเรียนที่ว่า “เป็นไปได้ที่จะนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกันจะทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์เอง มุมมองต่อข้อมูลหลักฐาน ซึ่งคนเรา

ไม่ได้มีพื้นฐานความคิดเหมือนกันทุกคน ทำให้สมมติฐานที่ได้ อาจแตกต่างกันได้ (NB20)” ส่วนนักเรียนในกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ยังคงมีมุมมองว่า ต่างกันเพราะความคิดแต่ละคนต่างกัน แต่ไม่ได้ให้เหตุผลว่าเหตุใดคนเราจึงคิดได้ต่างกันดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “เพราะทุกคนต่างมีความคิดต่างกัน แม้มีหลักฐานเหมือนกันเพราะฉะนั้นสมมติฐานจึงมีหลายแบบ (NB07)” “ไม่คิดว่าเหมือนกัน เพราะต่างคนต่างความคิด (NB22)”

6) มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 10. ที่ถามว่า “อรชนกเป็นนักสัตววิทยา ในการวิจัยของเธอ จำเป็นต้องฆ่าหนูเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตับหลังจากให้ยาชนิดหนึ่งที่เธอกำลังทำการศึกษา อรชนกนับถือศาสนาพุทธและเคร่งศาสนามากซึ่งมีศีลข้อหนึ่งของพุทธศาสนาสอนว่าไม่ควรฆ่าสัตว์ตัดชีวิต” นักเรียนคิดว่าความเชื่อทางศาสนาของอรชนก จะมีอิทธิพลต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ของเธอหรือไม่อย่างไรจงอธิบาย” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “มีอิทธิพล เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นกิจการของมนุษย์ที่ปฏิบัติในบริบทของสังคมและวัฒนธรรมที่กว้างกว่า วิถีปฏิบัติในการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์จึงได้รับอิทธิพลจากค่านิยม ความเชื่อที่ยึดถือในสังคมและวัฒนธรรมนั้นๆ ซึ่งในกรณีของอรชนก อาจมีผลต่อการทำงานวิจัยของเธอโดย เธออาจทำการวิจัยด้วยความไม่สบายใจ หรือหาวิธีการที่ได้สามารถเก็บผลการศึกษาได้โดยที่ทำให้สัตว์ทรมานน้อยที่สุด ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องฆ่าสัตว์ หรืออาจทำให้เธอเปลี่ยนแนวทางการทำวิจัยไปศึกษาในเรื่องที่ไม่ต้องฆ่าสัตว์อีกต่อไป จะเห็นได้ว่าความเชื่อและค่านิยมทางสังคมของนักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่อยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 64.58%) โดยนักเรียนมองว่าอิทธิพลของศาสนาอาจมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์บ้าง แต่อย่างไรก็ต้องทำหน้าที่ต่อไป ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ว่า “มี เธอจะไม่กล้าฆ่าหนูเพราะกลัวบาป แต่จะไม่ฆ่าก็ได้เพราะต้องทำการทดลอง (NA13)” “มี เพราะ เธอจะไม่กล้าฆ่าหนู เพราะจะทำให้ผิดศีล ซึ่งมีผลต่อการวิจัย ถ้าเธอไม่ได้ทดลองจริงก็ไม่สามารถหาข้อเท็จจริงได้ว่าสิ่งที่เธอทำวิจัยอยู่นั้นถูกหรือผิดอย่างไร เพราะฉะนั้นเธอต้องฆ่าหนู เพื่อให้ได้ข้อสรุปออกมาที่ตรงกับความเป็นจริง (NA47)” “อาจจะมีย้างเล็กน้อย แต่ควรคิดในทางที่ดีว่าทำไปเพื่อศึกษาไว้ช่วยเหลืออีกหลายชีวิต (NA43)”

โดยการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสดำเนินการสอดแทรกลักษณะของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ครั้งเดียว คือ ในการสอนเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยหลังจากเสร็จกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับคลอโรฟิลล์ ผู้วิจัยได้ ยกตัวอย่างกรณี น้ำคลอโรฟิลล์แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าในช่วงที่คนนิยมดื่มน้ำคลอโรฟิลล์ ส่งผลต่อแนวทางการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร โดยลักษณะการอภิปรายผู้วิจัยจะใช้คำถามสืบเสาะเพื่อนำนักเรียนไปยังประเด็นที่ต้องการ ซึ่งนักเรียนสามารถบอกได้ว่าทำให้มีงานวิจัยเกี่ยวกับ น้ำคลอโรฟิลล์มากขึ้น ผู้วิจัยจึงบ่งชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของสังคมและวัฒนธรรมที่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ จากนั้นให้นักเรียนสะท้อนมุมมองเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยให้นักเรียนยกตัวอย่างเรื่องในสังคม หรืออิทธิพลของศาสนาหรือวัฒนธรรมที่มีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนยกตัวอย่างเรื่องเกี่ยวกับการโคลนนิ่งว่าไม่สามารถทำได้ในคนเนื่องจากเหตุผลทางด้านจริยธรรม ดังคำพูดของนักเรียนในห้องเรียนว่า “ความเชื่อและศาสนาบางศาสนาทำให้ไม่ยอมรับให้มีการโคลนนิ่งคน อย่างศาสนาพุทธเพราะเรากลัวบาป ถ้าคนที่โคลนนิ่งขึ้นมาแล้วมีปัญหาที่จะยุ่งยาก เพราะเป็นชีวิตของคนคนหนึ่ง จะทำลายตอนหลังก็ไม่ได้” (ถอดเทปบันทึกการสอนวันที่ 26 สิงหาคม 2554)

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV: 47.92%) โดยนักเรียนมีมุมมองว่าศาสนามีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “มี เพราะผลจากการที่อรชนกนับถือศาสนาพุทธ และเครื่องศาสนามากๆ จึงอาจทำให้เธอไม่กล้ามาสัตว์เพื่อที่จะทำการทดลอง ส่งผลให้งานวิจัยเธอคลาดเคลื่อนได้ (NA47)” “มีผล เพราะอรชนกเครื่องศาสนามากๆ ซึ่งเธออาจไม่กล้ามาหนูเลยทำให้งานวิจัยของอรชนกไม่ประสบผลสำเร็จ (NA38)” “มีผล เพราะศาสนาเป็นเครื่องยึดเหนี่ยวจิตใจ ถ้าเธอเครื่องศาสนา อาจทำให้เธอไม่กล้าทำวิจัย ทำให้การวิจัยต้องหยุดชะงัก (NA30)”

7) มายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ด้านนี้มีคำถามที่เกี่ยวข้อง 2 คำถามที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งนักเรียนมีกลุ่มคำตอบต่างกันไป ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นมุมมองด้านนี้ของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากคำถามข้อที่ 2. ที่ถามว่า “การทดลองคืออะไร” ซึ่งมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “การทดลองเป็นกระบวนการที่ถูกออกแบบอย่างรอบคอบ มีการกำหนด

จัดกระทำเพื่อทดสอบตัวแปร โดยทั่วไปการทดลองมีเป้าหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 87.50%) โดยไม่มีนักเรียนคนใดมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) โดยนักเรียนที่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) มีมุมมองว่าเป็นการหาคำตอบในสิ่งที่สงสัย หรือทำเพื่อพิสูจน์กฎหรือทฤษฎีที่มี โดยไม่มีมุมมองเกี่ยวกับความเป็นกระบวนการ การจัดกระทำตัวแปร และการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “การหาคำตอบของคำถามที่เราต้องการรู้ ในบางครั้งถ้าเราต้องการจะรู้อะไรเราก็ต้องทดลอง เราต้องการหาความจริงเราก็ต้องทดลอง (NA19)” “การทดลองคือ การลองทำในสิ่งต่างๆ ที่สงสัย เมื่อเราพบเจอในสิ่งที่เราไม่รู้ว่าทำอะไรจริงจะเป็นอย่างไร หรือสิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร เป็นต้น เราจะทดลองทดสอบเพื่อให้ได้คำตอบ (NA27)” “การทดลองเป็นสิ่งที่ช่วยในการพิสูจน์ทฤษฎีที่ถูกตั้งขึ้นมาว่าถูกต้องหรือไม่ (NA34)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสดูแลแทรกซึมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ในการสอน 2 ครั้ง คือ ในการสอนเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ และปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ยกตัวอย่างเช่น การสอนเรื่องปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยหลังจากที่ผู้วิจัยให้นักเรียนทำการทดลองเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงแล้วจึงหยิบประเด็นการทดลองมาอภิปรายว่า “การทดลองคืออะไร และการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียวหรือไม่” โดยจากการอภิปรายทำให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนไม่เข้าใจคำว่าทดลอง และใช้คำว่าทดลองกับการกระทำทุกอย่างทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับอนุทินที่ผ่านมาที่นักเรียนใช้คำว่าทดลองไม่ถูกต้อง เช่น อนุทินในการสอนเรื่องคลอโรพลาสต์ที่ให้นักเรียนทำกิจกรรม “คลอโรพลาสต์ของฉัน” จากการวาดภาพคลอโรพลาสต์และสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ ซึ่งไม่มีการทดลอง แต่นักเรียนเขียนในอนุทินว่า “ชอบกิจกรรมการทดลองในวันนี้...(อนุทินวันที่ 24 สิงหาคม 2554, J28)” หรือนักเรียนคิดว่าการได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ต้องมาจากการทดลอง เช่น “วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่พิสูจน์ได้ด้วยการทดลอง จึงมีหลักฐานทำให้เราเชื่อว่าเรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์มีจริง (อนุทินวันที่ 19 สิงหาคม 2554, J24)” “กฎหรือทฤษฎี ต้องมาจากการทดลองทั้งนั้นและเกิดมาจากการสังเกตก่อนทั้งสิ้น (อนุทินวันที่ 9 กันยายน 2554, J23)” ซึ่งเป็นที่น่าเสียดายด้วยข้อจำกัดของเวลา ทำให้ไม่สามารถอภิปรายประเด็นนี้กันอย่างลึกซึ้งนัก นักเรียนจึงไม่สามารถสร้างคำอธิบายการทดลองได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยต้องเป็นผู้ชี้แนะ แต่อย่างไรก็ดีนักเรียนสามารถบอกได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ไม่ได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว และสามารถยกตัวอย่างได้ว่ามีความรู้ทางด้านใดบ้างที่ไม่ได้มาจากการทดลอง ยกตัวอย่างเช่น “...ความรู้ทางดาราศาสตร์ การกำเนิดโลก...” (ถอดเทปการสอน วันที่ 16 กันยายน 2554) และจากบันทึกอนุทินของนักเรียนที่ว่า “การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่ใช้การทดลอง แต่ก็มีบางอย่างที่ทดลองไม่ได้ เช่นความรู้เกี่ยวกับดาราศาสตร์ การศึกษา วงโคจรของโลกก็ไปทดลองไม่ได้ ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูล (อนุทินวันที่ 16 กันยายน 2554, J19)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 43.75%) เพิ่มขึ้น โดยนักเรียนสามารถบอกได้ว่าการทดลองเป็นกระบวนการที่มีการออกแบบอย่างรอบคอบและมีหลักการ แต่ยังไม่ได้พูดถึงการกำหนด จัดกระทำเพื่อทดสอบตัวแปร และศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ยกตัวอย่างเช่น “การทดลอง คือ การปฏิบัติเพื่อตอบข้อสงสัย โดยใช้การวางแผนลำดับขั้นตอนอย่างรอบคอบ (NB14)” “การทดลอง คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาสิ่งต่างๆ ทางธรรมชาติโดยใช้การทดลองในแบบต่างๆ และควบคุมสิ่งต่างๆ ให้ได้มาซึ่งข้อสรุปและคำอธิบายของสิ่งๆ นั้น เป็นกระบวนการที่เชื่อถือได้ ต้องทำอย่างมีหลักการและถูกต้อง (NB26)” แต่ส่วนใหญ่ยังมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 47.92%) โดยนักเรียนยังคงมีมุมมองว่าการทดลองเป็นการหาคำตอบในสิ่งที่สงสัย โดยไม่มีมุมมองเกี่ยวกับความเป็นกระบวนการ การจัดกระทำตัวแปร และการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลเช่นเดียวกับก่อนเรียน เช่น “การทดลองคือ การปฏิบัติเพื่อให้รู้ข้อเท็จจริง หรือปัญหาที่สงสัย (NB09)” “การพิสูจน์ข้อเท็จจริง ข้อสงสัยที่ศึกษา (NB02)”

คำถามข้อที่ 3 ซึ่งถามว่า “องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากอดีตถึงปัจจุบันได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียวหรือไม่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ” โดยมุมมองที่สอดคล้องกับมคประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “ไม่ใช่ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจได้มาจากการสำรวจ สังเกต การเปรียบเทียบ รวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การสร้างแบบจำลองในคอมพิวเตอร์ การเสนอโมเดล ความคิด หรือแม้กระทั่งความบังเอิญ เป็นต้น วิทยาศาสตร์บางสาขา ยกตัวอย่างเช่น ดาราศาสตร์และธรณีวิทยา นอกจากนี้ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มีขั้นตอนเป็นลำดับแน่นอนตายตัว กล่าวคือ เริ่มต้นด้วยการเกิดปัญหา จากนั้นรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน และสรุปผล ตามลำดับ โดยในความเป็นจริงการทำงานวิจัยอาจมีการย้อนกลับไปกลับมา ข้ามขั้นตอน หรือทำซ้ำ”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่อยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 33.33%) และมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 33.33%) โดยนักเรียนที่มีมุมมองที่อยู่ใน

ระยะปรับเปลี่ยน (TV) มีมุมมองว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว สามารถยกตัวอย่างได้ แต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรือสามารถบอกได้ว่านอกจากการทดลอง มีวิธีการใดอีกบ้าง แต่ไม่สามารถยกตัวอย่างความรู้ที่ได้มาจากวิธีการนั้นๆ ได้ ดังคำตอบของ นักเรียนที่ว่า “จากการสังเกตก็มี เช่น การหาแรงโน้มถ่วงของนิวตัน และเครื่องบินของพี่น้องตระกูลไรท์ที่คิดว่าอยากจะบินได้เหมือนนก” (NA42) “ไม่ใช่ ถึงแม้ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดมาจากการทดลอง แต่ในส่วนน้อยที่เหลือนั้นเกิดมาจากจินตนาการและความเชื่อของคนรุ่นก่อนว่า มันเป็นอย่างนั้น ยกตัวอย่างเช่น ในอดีตผู้คนเชื่อว่า สิ่งที่เล็กที่สุดในโลกคืออะตอม (Atom) แต่ปัจจุบันมีผู้มีความคิดเห็นขัดแย้ง และนำมาตั้งเป็นทฤษฎีว่าความจริงแล้วสิ่งที่เล็กที่สุดในโลกคือ สตริง (String) ซึ่งเราก็ไม่สามารถพิสูจน์ได้อยู่ดีว่ามันเป็นความจริงหรือไม่จริง” (NA12) ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) มีมุมมองว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลองเท่านั้น เช่น “ใช่ เพราะวิทยาศาสตร์คือการทดลองหาความจริง (NA15)” “ใช่ เพราะกว่าจะได้ออกมาเป็นข้อมูลที่แน่นอนนั้น ต้องทดลองมาก่อน ทดลองหลายคนหลายครั้งหาข้อโต้แย้งมาปรับปรุงจนได้ข้อมูลที่ถูกต้องที่สุด เช่น การทดลอง การเคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วงของโลก (NA21)”

ในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยมีโอกาสสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ ในการสอน 2 ครั้ง คือ ในการสอนเรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ และปัจจัยบางประการ ที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังกล่าวแล้วข้างต้น

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV: 31.25%) มากขึ้น โดยนักเรียนสามารถอธิบายและยกตัวอย่างการได้มาซึ่งความรู้ โดยวิธีอื่นที่ไม่ใช่การทดลองได้ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ไม่ใช่ เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถได้มาจากการสังเกต อย่างเช่น วิชาดาราศาสตร์ ซึ่งเป็นแขนงของวิทยาศาสตร์ เราไม่สามารถทำการทดลองทุกอย่างบนเอกภพได้ แต่เราสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลง บนท้องฟ้า นำความรู้ ความคิดของผู้บันทึกมาแบ่งปันกัน เพื่อให้เกิดความรู้ที่สมบูรณ์มากขึ้น (NB20)” และนักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 50.00%) ซึ่งเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนเรียน โดยนักเรียน บอกได้ว่าวิทยาศาสตร์ไม่ได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว อาจมาจากการสังเกตด้วย แต่ยัง ไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน เช่น “ไม่ วิทยาศาสตร์จะไม่ได้มาจากการสังเกตอีกอย่าง สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัวเราเป็นวิทยาศาสตร์ทั้งหมด เราจะศึกษาจากการสังเกตประกอบกับการทดลองด้วย เช่น ทฤษฎีการเกิดเอกภพ (NB17)” “ไม่ เพราะองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์บางครั้งก็ได้มาจากการ

สังเกตแล้วนำมาแปรผล บางอย่างก็ไม่สามารถทดลองได้ เพราะเกินกว่าจะทำการทดลองได้ เช่น การทดลองโครงสร้างอะตอม (NB25)”

8) ความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากคำถามข้อที่ 6 ที่ถามว่า “หลังจากที่นักวิทยาศาสตร์พัฒนาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาแล้ว ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เลือกตอบข้อใดข้อหนึ่ง ตามความเชื่อของนักเรียน

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ให้อธิบายว่าเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ :

a) อธิบายว่าเพราะเหตุใดทฤษฎีจึงเปลี่ยนแปลง

b) ทำไมเราจึงต้องเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในเมื่อสักวันหนึ่งทฤษฎีนั้นๆ ต้องเปลี่ยนแปลงไป จงอธิบายประกอบการยกตัวอย่าง”

โดยมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ “ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ a) เนื่องจากทฤษฎีเป็นคำอธิบายที่นักวิทยาศาสตร์เสนอขึ้นมาเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น ในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งต่อมาหากมีการตีความใหม่จากหลักฐานเดิมในมุมมองที่ต่างออกไป หรือมีหลักฐานใหม่ซึ่งอาจเป็นผลพวงมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีนำไปสู่การเสนอคำอธิบายใหม่ซึ่งสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ได้ดีกว่า มีเหตุมีผลกว่า ทฤษฎีเดิมก็อาจถูกเปลี่ยนแปลงไปได้ b) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีความคงทนอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง เราจึงต้องเรียนรู้ทฤษฎีเพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ ได้ และทฤษฎีที่แพร่หลายในช่วงเวลาหนึ่งยังมีอิทธิพลต่อแนวคิดในกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นั่นคือ มีอิทธิพลต่อทิศทาง ขั้นตอนและวิธีการศึกษา และการตีแปลความข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในขณะนั้นอีกด้วย ตัวอย่างทฤษฎีที่มีการเปลี่ยนแปลง เช่น ทฤษฎีอะตอม”

ก่อนเรียน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่อยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 70.83%)

โดยนักเรียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ว่าทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และให้เหตุผลได้ว่าเหตุใดทฤษฎีจึงเปลี่ยนแปลง แต่ยังบอกไม่ได้ว่าเหตุใดเราจึงต้องเรียนรู้ทฤษฎีทั้งที่สักวันต้องเปลี่ยนแปลง อาทิ “ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ เพราะทฤษฎีไม่ตายตัว เมื่อมีเหตุผลที่ดีกว่ามาแทนที่แล้วพิสูจน์ว่าเป็นเรื่องจริง ทฤษฎีอันเก่าจะถูกล้มล้างและตั้งทฤษฎีใหม่ขึ้นมาแทนที่

และที่ต้องเรียนทฤษฎีเพราะเราถือว่ามันเป็นความจริงที่พิสูจน์แล้ว (NA42)” “ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีทฤษฎีอื่นที่สามารถลบล้างทฤษฎีเก่าได้ น่าเชื่อถือมากกว่า เป็นจริงมากกว่า และที่ต้องเรียน เพราะเราไม่รู้ว่าทฤษฎีนั้นจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จึงต้องรู้ไว้ก่อน เช่น ทฤษฎีอะตอม (NA26)”

ในการจัดการเรียนการสอนด้านนี้ ผู้วิจัยมีโอกาสสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ 2 ครั้ง คือ ในการสอนเรื่องประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ยกตัวอย่างเช่น การสอนเรื่องปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีเนื้อหาตอนหนึ่งกล่าวถึงการเรียกชื่อปฏิกิริยานี้ว่าเดิมเคยเรียกว่า Dark reaction เพราะคิดว่าไม่ต้องใช้แสงในการทำปฏิกิริยา แต่ตอนหลังพบว่าแสงมีส่วนช่วยในการทำงานของเอนไซม์บางชนิดในขั้นตอนนี้ จึงเปลี่ยนชื่อเรียกเป็น ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 -fixation) ซึ่งตรงจุดนี้ผู้วิจัยได้นำมาอภิปรายกับนักเรียนเพื่อบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้ ซึ่งพบว่านักเรียนมีมุมมองว่าความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เห็นได้จากอนุทินที่นักเรียนเขียนมาว่า “ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อมีหลักฐานใหม่ที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่า เช่น กระบวนการ CO_2 -fixation สมัยก่อนเรียกว่า Dark reaction แต่เมื่อมีการค้นพบว่า RubisCO ต้องใช้แสงกระตุ้นเอนไซม์ จึงเปลี่ยนชื่อมาเป็น CO_2 -fixation ในปัจจุบัน (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2544, J30)” “ทฤษฎีมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีหลักฐานหรือเหตุผลที่ดีกว่ายืนยัน (อนุทินวันที่ 2 กันยายน 2544, J43)”

หลังเรียน พบว่านักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้น โดยนักเรียนมีมุมมองอยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 52.08%) น้อยลง แต่มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV: 45.83%) มากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาผลการเปลี่ยนแปลงรายบุคคลพบว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) ที่เพิ่มขึ้นนั้นพัฒนามาจากกลุ่มมุมมองอยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ซึ่งนักเรียนมีมุมมองพัฒนาขึ้นว่าทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีเหตุผลใหม่มาอธิบายได้ดีกว่าที่ต้องเรียนทฤษฎีเพราะเป็นคำอธิบายที่ดีที่สุดในปัจจุบันและเป็นพื้นฐานในการสร้างทฤษฎีใหม่ ดังคำตอบของนักเรียนที่ว่า “ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะเมื่อมีการค้นพบสิ่งใหม่ๆ ที่มีเหตุผลมีความน่าจะเป็นมากกว่าทฤษฎีเดิม ก็สามารถเปลี่ยนไปใช้เหตุผลที่ดีกว่าเดิมได้ และที่เราต้องศึกษาเพราะถือว่าทฤษฎีที่เราศึกษา เป็นทฤษฎีที่มีความเป็นปัจจุบันที่สุด ถึงแม้ทฤษฎีจะเปลี่ยนแปลงได้ก็ตาม ในความคิดของหนูถ้าไม่มีการศึกษาทฤษฎีเดิม หรือทฤษฎีปัจจุบันที่เชื่อถือกันอยู่ ก็จะเกิดความรู้ใหม่ ทฤษฎีใหม่ได้ยาก...เช่น ทฤษฎีอะตอม (NB20)” ส่วนนักเรียนในกลุ่มมุมมองอยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ยังมีมุมมองคล้ายก่อนเรียนคือ ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ และให้เหตุผลได้ว่าเหตุใดทฤษฎีจึงเปลี่ยนแปลง แต่ยังบอกไม่ได้ว่าเหตุใดเราจึงต้องเรียนรู้ทฤษฎีทั้งที่ชักรันต้อง

เปลี่ยนแปลง อาทิ “ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ เพราะ นักวิทยาศาสตร์คนอื่นมีหลักฐานที่ดีกว่ามายืนยัน ที่ต้องเรียนเพราะอย่างน้อยทฤษฎีนั้นก็ผ่านการยืนยันจากนักวิทยาศาสตร์มาหลายคนแล้ว เช่น แบบจำลองอะตอมก็มีการเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆ เมื่อมีเหตุผลและหลักฐานที่ดีกว่า (NB43)”

2. การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม

จากการแปลงการจัดกลุ่มมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนในแต่ละ ด้านที่ศึกษามาเป็นคะแนน พบว่าหลังเรียนนักเรียนทุกคนมีคะแนนสูงขึ้น รายละเอียดดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน หลังเรียนและคะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวม

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์ (RG)	ระดับพัฒนาการ
1	13	21	70.00	47.06	กลาง
2	15	19	63.33	26.67	กลาง
3	16	19	63.33	21.43	ต้น
4	15	17	56.67	13.33	ต้น
5	13	14	46.67	5.88	ต้น
6	16	18	60.00	14.29	ต้น
7	16	19	63.33	21.43	ต้น
8	19	23	76.67	36.36	กลาง
9	12	17	56.67	27.78	กลาง
10	15	21	70.00	40.00	กลาง
11	13	19	63.33	35.29	กลาง
12	19	20	66.67	9.09	ต้น
13	15	18	60.00	20.00	ต้น
14	18	21	70.00	25.00	ต้น
15	14	18	60.00	25.00	ต้น

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์ (RG)	ระดับพัฒนาการ
16	14	20	66.67	37.50	กลาง
17	15	18	60.00	20.00	ต้น
18	13	18	60.00	29.41	กลาง
19	15	24	80.00	60.00	สูง
20	18	24	80.00	50.00	กลาง
21	15	21	70.00	40.00	กลาง
22	17	21	70.00	30.77	กลาง
23	14	21	70.00	43.75	กลาง
24	17	25	83.33	61.54	สูง
25	15	18	60.00	20.00	ต้น
26	17	20	66.67	23.08	ต้น
27	20	26	86.67	60.00	สูง
28	20	24	80.00	40.00	กลาง
29	13	19	63.33	35.29	กลาง
30	14	20	66.67	37.50	กลาง
31	19	23	76.67	36.36	กลาง
32	17	22	73.33	38.46	กลาง
33	14	21	70.00	43.75	กลาง
34	17	22	73.33	38.46	กลาง
35	17	22	73.33	38.46	กลาง
36	13	17	56.67	23.53	ต้น
37	19	20	66.67	9.09	ต้น
38	13	18	60.00	29.41	กลาง
39	16	20	66.67	28.57	กลาง
40	16	22	73.33	42.86	กลาง

ตารางที่ 15 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน ก่อนเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เต็ม 30)	คะแนน หลังเรียน (เปอร์เซ็นต์)	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์ (RG)	ระดับพัฒนาการ
41	15	23	76.67	53.33	สูง
42	16	23	76.67	50.00	กลาง
43	18	19	63.33	8.33	ต่ำ
44	18	23	76.67	41.67	กลาง
45	19	23	76.67	36.36	กลาง
46	15	16	53.33	6.67	ต่ำ
47	14	24	80.00	62.50	สูง
48	15	22	73.33	46.67	กลาง
ค่าเฉลี่ย	15.77	20.48	68.27	33.09	กลาง
S.D.	2.11	2.56	8.44	14.85	

จากตาราง พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ย 15.77 คะแนนและเมื่อผ่านการจัดการเรียนการสอนไปแล้ว พบว่านักเรียนมีนักเรียนมีคะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 20.48 คะแนน คิดเป็น 68.27% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ในการศึกษาครั้งนี้ (60%) สำหรับคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า นักเรียนทั้งห้องมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 33.09% ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง

3. อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนพบว่า

ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อยู่ในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ยกเว้นด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) มากที่สุด สำหรับด้านกฎและ

ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าเป็นด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีผู้มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากที่สุด (McComas, 1996; สุทธิดา จำรัส และ คณะ, 2552) โดยนักเรียนส่วนใหญ่ไม่เข้าใจบทบาทของกฎและทฤษฎี และมีมุมมองว่ากฎและทฤษฎีมีความแตกต่างตรงที่ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ แต่กฎไม่เปลี่ยนแปลง มีความสัมพันธ์เป็นลำดับขั้นคือทฤษฎีสามารถพัฒนาเป็นกฎได้เมื่อได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นจริง และกฎมีความน่าเชื่อถือดีกว่าทฤษฎี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมา (สุทธิดา จำรัส และคณะ, 2552; Schwartz *et al.*, 2004; Akerson *et al.*, 2000) ทั้งนี้สำหรับนักเรียนในบริบทของผู้วิจัย สาเหตุอาจเนื่องมาจาก หนังสือเรียนวิชาชีววิทยาและการมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ของครู โดยในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของนักเรียนมีข้อความตอนหนึ่งว่า “สมมติฐานที่ผ่านการทดสอบแล้วหลายครั้ง ซึ่งอาจเป็นการทดสอบโดยนักวิทยาศาสตร์คนเดิม หรือนักวิทยาศาสตร์ต่างคนแต่ทำงานในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งอาจอยู่คนละสถานที่แต่ได้ผลตรงกัน ถ้าความรู้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ อย่างกว้างขวางก็จะนำไปตั้งเป็นทฤษฎี (theory) หรือถ้าความรู้ที่ได้รับเป็นความจริงก็จะถูกนำไปตั้งเป็นกฎ (law)...” (สสวท. และกระทรวงศึกษาธิการ, 2548: 31) ซึ่งจากข้อความดังกล่าว อาจทำให้นักเรียนมีมุมมองว่า สมมติฐานเมื่อได้รับการยอมรับจะถูกตั้งเป็นทฤษฎี และเมื่อทฤษฎีได้รับการยอมรับว่าเป็นความจริงจะถูกตั้งเป็นกฎ หรือการที่ข้อความบอกว่ากฎเป็นความจริง อาจทำให้นักเรียนเข้าใจว่ากฎไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อีก เนื่องจากเป็นความจริงแล้วย่อมไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งสำหรับการสอนที่ผ่านมา ผู้วิจัยยอมรับว่าตนเองมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์เช่นนี้เหมือนกัน จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีมุมมองดังกล่าว

ส่วนด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองว่าการทดลองเป็นการหาคำตอบในสิ่งที่ต้องการรู้ เป็นสิ่งที่ช่วยในการพิสูจน์ทฤษฎีที่ถูกตั้งขึ้นมา และความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลองเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ นักเรียนจะคุ้นเคยกับการทดลองเพื่อพิสูจน์กฎ หรือทฤษฎี และมักได้ทำการทดลองตามหนังสือเรียนที่มีขั้นตอนบอกไว้เป็นขั้นเหมือนตำราทำอาหาร (cookbook) ซึ่งสุทธิดา จำรัสและคณะ (2552) ได้ให้ข้อคิดเห็นไว้ว่า มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้สะท้อนให้เห็นถึงการเรียนรู้อิทธิพลของนักเรียน เนื่องจากมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลสืบเนื่องจากความเข้าใจนั้น ดังนั้นหากนักเรียนเข้าใจว่าการหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีวิธีเดียวและเป็นขั้นตอนที่ต้องปฏิบัติ จะทำให้ความท้าทายและความคิดสร้างสรรค์ในการเรียนวิทยาศาสตร์หมดไป ทำให้นักเรียนได้รับภาพลักษณ์ของวิทยาศาสตร์ที่ผิดไปจากธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เห็นได้จากจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่มีมุมมองสอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) และมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) เพิ่มขึ้น และมีมุมมองในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) และกลุ่มที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC) ลดลง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ กาญจนา มหาดี (2553); Liangkriilas (2009); Akerson, Abd-El-Khalick and Lederman (2000); Khishfe and Abd-El-Khalick (2002); Schwartz *et al.* (2002); Schwartz *et al.* (2004) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนสามารถพัฒนาความเข้าใจหรือมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ทั้งนี้เนื่องจาก

1. มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียน โดยอาศัยโอกาสจากกิจกรรมที่ใช้และเนื้อหาบางส่วนในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดแล้วตอบคำถามหรือแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมาแล้วร่วมกันอภิปรายในคำตอบของนักเรียน จากนั้นให้นักเรียนสะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนไป ทำให้นักเรียนมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์พัฒนาขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ กาญจนา มหาดี (2553); Khishfe and Abd El-Khalick (2002); Schwartz *et al.*, 2004; Kijkuakul (2006); Laingkrilas (2009) ซึ่งพบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียน มีการหยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาอภิปราย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนมีมุมมองหรือความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนจะได้ผ่านกระบวนการคิด มีการสนทนาโต้ตอบ (discussion) จากคำถามที่เฉพาะเจาะจง (specific questioning) ในประเด็นเป้าหมายที่ต้องการ และนักเรียนมีแนวทางในการสะท้อนความคิดของตนเอง (guided reflection) จากบริบทในการทำกิจกรรมในห้องเรียน (Schwartz *et al.*, 2002) ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะพัฒนาความเข้าใจหรือมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ ควรจะมีการบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในบริบทการสอนอย่างชัดเจนด้วย จึงสามารถพัฒนาความเข้าใจหรือมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้มากขึ้น (Flick and Lederman, 2006; Ryder, Leach and Driver, 1999 cited in Schwartz *et al.*, 2004)

2. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีโอกาสนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการ ค้นคว้า สำรวจ ค้นหาและใช้กระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้กิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเอง ยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์บางด้านได้ เช่น กิจกรรม น้ำเปลี่ยนสี ที่ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ทำการทดลองเพื่อให้เห็นการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง สามารถพัฒนาธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่ง Moss, Abrahams and Robb (2001); Bell *et al.* (2003) cited in Kijkuakul (2006) ได้ให้ความเห็นว่า หากนักเรียนไม่มีโอกาสในการทำการทดลองจะทำให้นักเรียนไม่ตระหนักว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ต้องการหลักฐาน นอกจากนี้ การจัดการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรม มีการสำรวจตรวจสอบ สืบเสาะหาความรู้ จะช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่พวกเขาทำในห้องเรียนวิทยาศาสตร์กับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ เข้าใจบทบาทของนักวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมมากกว่าการที่นักเรียนจะได้รับรู้ถึงการทำงานและบทบาทของนักวิทยาศาสตร์จากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ โทรทัศน์ หรือหนังสือเรียนเท่านั้น (Crowther *et al.*, 2005 อ้างใน ขวัญฤทัย เทียงจันทราพิทย, 2553) นอกจากนี้การให้นักเรียนเป็นผู้สืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้จึงเป็นการสอนวิทยาศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์เป็น (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2552: 56) สามารถสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ไม่ยาก เนื่องจากการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีโอกาสนักเรียนได้พบกับสถานการณ์ที่นักเรียนสามารถนำมาอภิปรายและสะท้อนมุมมองเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ (Flick and Lederman, 2006)

3. เนื้อหาส่วนหนึ่งในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเรื่องประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งสามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงด้านต่างๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน เช่น ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ในการเรียนเรื่องการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ศึกษาการทำงานของคลอโรพลาสต์ในการทดลองเพื่อศึกษาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช และให้นักเรียนได้ลองจัดการกับผลการทดลองที่คลอโรพลาสต์ได้ เสมือนตัวเองเป็นคลอโรพลาสต์ ในการสร้างวัฏจักรคลอโรพลาสต์ของตนเอง ซึ่งกิจกรรมนี้สามารถสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความเป็นอัตนัยของนักวิทยาศาสตร์ต่อการสร้างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (การเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์) ได้ ซึ่งการนำประวัติเกี่ยวกับการศึกษาเรื่องหนึ่งๆ มาจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียน

เป็นการส่งเสริมความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการคิดของนักวิทยาศาสตร์และการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ (Lingkrilas, 2009) สำหรับเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงนั้น Barker (1997 cited in Kijkuakul, 2006) ให้ความเห็นว่าการเล่าเรื่องราวประวัติความรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่แสดงให้เห็นนักเรียนเห็นภูมิหลังของการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์จนกระทั่งเกิดการค้นพบความรู้ใหม่อย่างมีเหตุผล อาจช่วยให้ นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ McComas (2000) ได้กล่าวไว้ว่า การส่งเสริมให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจประวัติของการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในบทเรียนเรื่องต่างๆ จะช่วยให้ นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ดีขึ้นอีกด้วย

4. ในการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มีการเชื่อมโยงด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายเข้าไว้ด้วยกันและอภิปรายต่อเนื่องกันไป ยกตัวอย่างเช่น การอภิปรายด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และด้านการสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนทางทฤษฎี ในกิจกรรมน้ำเปลี่ยนสี ซึ่งจากกิจกรรมทำให้นักเรียนทราบว่าพืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ในน้ำที่ใส่ลงไป ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่เรามองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่นักเรียนเชื่อว่าพืชน่าจะมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้เนื่องจากมีหลักฐานจากการทดลอง คือสีของอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนไป ตรงจุดนี้จึงสามารถบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนทางทฤษฎีได้ว่า วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ข้อมูลจากการสังเกตเป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือผ่านเครื่องมือ การลงความเห็นเป็นการแปลความจากการสังเกตเหล่านั้น ความเข้าใจความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นจะทำให้เข้าใจความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม ดังนั้นจึงสามารถเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ได้ต่อเนื่องกันไป ซึ่ง Crowther *et al.* (2005 อ้างใน ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์, 2553) ได้ให้ความเห็นว่า การอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ครูควรรวมประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน และเชื่อมโยงการอภิปรายจากประเด็นหนึ่งสู่อีกประเด็นหนึ่งอย่างเหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ควบคู่กันไป นอกจากนี้ สุทธิดา จำรัส และคณะ (2552) ได้ให้ความเห็นว่าการขาดการเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ทำให้ไม่สามารถอธิบายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านหนึ่ง ทั้งๆ ที่สามารถใช้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านอื่นๆ มาอธิบายได้ เช่น นักเรียนไม่สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้ความรู้ทางด้าน

วิทยาศาสตร์เปลี่ยนแปลงได้ ทั้งที่สามารถใช้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในประเด็นอื่นมาอธิบายได้ เช่น ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ หรือความเป็นอค้นัยของนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

ซึ่งด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนาชัดเจน ได้แก่ ด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ที่มีมุมมองพัฒนาขึ้นจากกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 64.58%) เป็นมุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV: 47.92%) ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีมุมมองพัฒนาขึ้นจากกลุ่มมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 93.75%) เป็นกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 77.08%) และด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีมุมมองพัฒนาขึ้นจากกลุ่มไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC: 50.00%) เป็นกลุ่มมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV: 41.67%)

โดยด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีมุมมองที่พัฒนาขึ้นมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากด้านนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน จึงเป็นด้านที่สามารถปรับเปลี่ยนมุมมองได้ไม่ยากนัก โดยในการสอนครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างกรณีน้ำโคลโรฟิลล์จากการเรียนเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ว่าในช่วงที่น้ำโคลโรฟิลล์ได้รับความนิยมมีผลต่อการทำงานของนักวิทยาศาสตร์หรือไม่อย่างไร ซึ่งพบว่าการยกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสังคมมาเชื่อมโยงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ ทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้ง่ายขึ้น ทั้งนี้สุทธิดา จารัส และ คณะ (2552) ได้ให้ความเห็นว่าที่นักเรียนมองว่าวิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวข้องกับสังคมนั้นเป็นเพราะในการเรียนวิทยาศาสตร์ขาดการเชื่อมโยงเข้าสู่ชีวิตจริง ส่วนด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนาขึ้นมากนั้น อาจเป็นเพราะผู้วิจัยและนักเรียนได้มีการอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์อย่างจริงจังนอกเวลาเรียน เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ในการเรียนในห้องเรียนได้ แต่อย่างไรก็ดีนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจหน้าที่ของกฎมากนัก และมีบางคนเท่านั้นที่สามารถยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและกฎได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schwartz *et al.* (2004) ที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถยกตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎีและกฎได้ สำหรับด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนามากขึ้นอาจเป็นเพราะกิจกรรมที่ใช้คือให้นักเรียนเป็นนักสืบย้อนกลับไปศึกษาการทดลองของคัลวินแล้วให้นักเรียนได้รับข้อมูลแบบเดียวกับที่คัลวินได้รับและให้นักเรียนสร้างวัฏจักรคัลวินของกลุ่มตนเอง ซึ่งจากข้อมูลที่ได้รับเหมือนกันแต่ผลปรากฏว่านักเรียนสร้างวัฏจักรคัลวินที่มีรูปแบบต่างกัน ทำให้นักเรียนเห็นว่าความรู้และประสบการณ์ของเดิมที่ต่างกันของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกันได้

สำหรับด้านที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยคือ ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (ข้อที่ 7.) ซึ่งพบว่าหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV: 47.92%) โดยเมื่อพิจารณาจากคำตอบของนักเรียนพบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่มีมุมมองที่ไม่เปลี่ยนไปจากก่อนเรียนมากนัก คือ นักเรียนมองว่าการทดลองคือการปฏิบัติเพื่อตอบปัญหาสิ่งที่สงสัย โดยไม่ได้มีมุมมองเกี่ยวกับความเป็นกระบวนการ การจัดกระทำตัวแปร และการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยมีโอกาสนในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านนี้เพียง 2 ครั้ง ซึ่งอาจทำให้นักเรียนยังมองไม่เห็นความเป็นกระบวนการ การจัดกระทำตัวแปร การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของการทดลอง และความหลากหลายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับผลการวิจัยของกาญจนา มหาลี (2553) ที่พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีพัฒนาด้านนี้ไม่มากนัก โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การสำรวจ การค้นคว้า การคำนวณ เป็นต้น จากนั้นจึงให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จะทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้มากขึ้น

แต่อย่างไรก็ดี จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า ถึงแม้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งจะสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้นในทุกด้านที่ศึกษา แต่เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์นั้นยังมีจำนวนไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใน 1 คาบ ผู้วิจัยมีธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะบ่งชี้หลายด้าน อีกทั้งใช้เวลาทำกิจกรรมที่สอนเนื้อหาค่อนข้างมาก ทำให้ไม่สามารถอภิปรายด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทุกด้านได้อย่างลึกซึ้ง เห็นได้จากอนุทินรายคาบของนักเรียนที่มักจะเขียนความเป็นวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้อย่างผิวเผิน โดยให้ความสำคัญกับการเขียนเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ได้เรียนรู้มากกว่า ซึ่งการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งนั้น กาญจนา มหาลี (2553) ให้ความเห็นว่าควรควรให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทียบเท่ากับเนื้อหาวิชา และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอ จึงจะสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี

สำหรับในการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 20.48 คะแนน คิดเป็น 68.27% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย (33.09%) จัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง ซึ่งผู้วิจัยถือว่านักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับที่ผู้วิจัยพึงพอใจ เนื่องจากมุมมองของแต่ละคนเป็นความเชื่อของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งยากที่จะเปลี่ยนแปลง

ต้องอาศัยเวลาในการพัฒนา ซึ่งระยะเวลาที่ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ (16 คาบ) อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนเปลี่ยนมุมมองได้มากนัก ซึ่ง Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ให้ความเห็นว่าเป็นการยากที่นักเรียนจะเปลี่ยนความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะการสอนแบบสืบเสาะและการสอนที่มีการอภิปรายประเด็นเกี่ยวกับความเป็นวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง ซึ่งการสอนครั้งนี้ถือเป็นครั้งแรกที่นักเรียนได้เรียนรู้รูปแบบนี้ นอกจากนี้ Schwartz *et al.* (2004) ได้ให้ความเห็นว่าการที่นักเรียนไม่เปลี่ยนแปลงมุมมองแม้ผ่านการเรียนมาแล้วอาจเป็นเพราะนักเรียนยังมองไม่เห็นความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยน อีกทั้งนักเรียนอาจยังไม่ตระหนักถึงความสำคัญของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Johnston and Southerland (2002) ได้เสนอแนะเพิ่มเติมว่า ครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนตั้งแต่ต้นว่า มีลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านใดที่จะต้องเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความตระหนักว่าการทำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและควรให้ความสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบจัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและพัฒนากิจการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่าในการสอนแต่ละครั้งมีจุดแข็ง จุดอ่อนเกิดขึ้นแตกต่างกันตามบริบทเนื้อหาที่สอน แต่มีบางประเด็นที่ผู้วิจัยสามารถนำมาพัฒนาเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการสอนครั้งถัดไปได้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะการพัฒนาการสอนในแต่ละครั้ง เพื่อให้เห็นจุดแข็ง จุดอ่อน และแนวทางการแก้ไข ดังตารางที่ 16 และเสนอแนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบจัดแจ้งจากการปฏิบัติที่ดี (Best Practice) รวมถึงคุณลักษณะของครูที่สอนตามแนวทางดังกล่าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 16 แสดงจุดแข็ง จุดอ่อน และแนวทางการแก้ไขในการสอนแต่ละแผนการสอน

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
1	กิจกรรม P.O.E. ที่ใช้ มีลักษณะกิจกรรมเป็นลำดับขั้นที่ดี ประกอบกับใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับลำดับขั้นของการจัดการเรียนการสอน ทำให้ครูสอนง่าย ไม่วุ่นวาย นักเรียนให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมดีมาก	กิจกรรมให้แนวคิดหาพืชมีการใช้ CO ₂ ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ชัดเจน แต่สำหรับวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ที่ได้ตัวอื่นๆ ยังไม่ชัดเจน ต้องเชื่อมโยงให้ดี	ใช้คำถามสืบเสาะเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุดิบที่ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง หรืออาจใช้การสาธิตเพื่อทดสอบสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ตัวอื่นๆ ในกระบวนการว่ามีสารใดบ้าง
	กิจกรรมที่ใช้ทำให้นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติด้วยตัวเอง ส่งเสริมการเข้าใจแนวคิด และจากอนุทินนักเรียนบอกว่าชอบการทำกิจกรรมที่ได้ลงมือทำเอง	ผู้วิจัยอธิบายเงื่อนไขในการทำกิจกรรมไม่ชัดเจน จึงวุ่นวายเล็กน้อยในช่วงแรก เพราะนักเรียน ไม่คุ้นเคยกับการเรียนแบบนี้	อธิบายเงื่อนไขในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน ช่วยนักเรียนลำดับความคิดว่าต้องทำอะไรบ้าง
		นักเรียนยังขาดทักษะการคิด แสดงออกและตอบคำถาม ไม่กล้าเขียนใบงานกลัวผิด รอคอยอธิบาย	ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิดและให้เวลาในการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายภายในกลุ่ม
		นักเรียน ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และมีบางส่วนไม่ให้ความร่วมมือในการเรียน	ผู้วิจัยใช้สแตมป์สะสมแต้มเสริมแรงให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และให้ความร่วมมือในการเรียน
		กิจกรรมยังเป็นลักษณะนักเรียนทำตามคู่มือการทดลอง นักเรียนยังไม่มีโอกาสคิดแก้ไขปัญหาและออกแบบการทดลองเอง	ควรให้นักเรียนมีโอกาสดอกแบบการทดลอง ทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง
		เวลาในการอภิปรายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (NOS) ไม่พอ ครูจึงบังคับให้นักเรียนเห็นลักษณะ NOS โดยไม่ทันใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้คิด	กระชับเวลาการทำกิจกรรม เพื่อให้มีเวลาอภิปรายประเด็น NOS มากขึ้น และครูควรใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็น NOS เป้าหมายด้วยตัวเอง

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผน ที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
2	จากแผนที่ 1 ที่นักเรียนยังไม่มีโอกาสคิดและแสดง ความคิดเห็นมากนัก แผนนี้ผู้วิจัยช่วยให้นักเรียนได้มี โอกาสคิดมากขึ้นโดยผ่านคำถามสืบเสาะ ในใบกิจกรรมที่จะช่วยให้นักเรียนสรุปข้อค้นพบของ นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านด้วยข้อมูลเดียวกับ ที่นักวิทยาศาสตร์ได้รับจากการทดลอง	กิจกรรมให้นักเรียนทุกกลุ่มศึกษาการทดลองของ นักวิทยาศาสตร์ทุกท่าน (9 ท่าน) ซึ่งค่อนข้างเยอะและ ต้องใช้เวลามาก นักเรียนส่วนใหญ่จึงศึกษาได้เฉพาะ ท่านแรกๆ ส่วนท่านหลังๆ ซึ่งการทดลองค่อนข้างยาก นักเรียนไม่เข้าใจและศึกษาไม่ทัน	ให้นักเรียน 1 กลุ่ม ศึกษาการทดลองของนักวิทยาศาสตร์ 1 ท่านแล้วนำข้อมูลมานำเสนอและอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง
	จากการที่ผู้วิจัยมีการให้แสดมปีสะสมแต้มกับนักเรียน ที่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมและตอบคำถามใน ชั้นเรียนพบว่านักเรียนให้ ความร่วมมือในการทำกิจกรรมมากขึ้นและ แข่งขันกันเป็นกลุ่มที่จะออกมานำเสนองาน	ครูให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอการทดลองของ นักวิทยาศาสตร์กลุ่มละ 1 ท่านเรียงลำดับตามการพัฒนา ของความรู้ ซึ่งนักเรียนบางส่วนยังสรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องมากนัก ทำให้ต้องใช้เวลาปรับความคิด ในการนำเสนอค่อนข้างนาน โดยเฉพาะการทดลองของ โรบิน ฮิลล์ และ แคเนียล อาร์นอน	ครูควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนก่อน การนำเสนอ เพื่อกระชับเวลาในการนำเสนอ สำหรับการ ทดลองของนักวิทยาศาสตร์ที่ยากครูควรปรับเนื้อหาให้ เข้าใจง่ายขึ้น หรือหาสื่อการสอนอย่างอื่นเสริมความ เข้าใจ เช่น สื่อ animation
		นักเรียนยังสรุปผลการศึกษานักวิทยาศาสตร์แต่ละ ท่านได้ไม่ชัดเจนนัก	ครูควรใช้คำถามกระตุ้นในการคิดให้มากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนสามารถสรุปผลการศึกษได้ด้วยตัวเอง
	บ่งชี้ประเด็น NOS ได้ไม่ครบทุกประเด็น และอภิปราย แต่ละประเด็นได้ไม่ลึกซึ้ง แต่มีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้น ความคิดของนักเรียนมากขึ้น		ไม่ควรตั้งประเด็น NOS เป้าหมายในการสอนแต่ละครั้ง มากเกินไป และควรกระชับเวลาในการทำกิจกรรม เพื่อให้มีเวลาในการอภิปรายเกี่ยวกับ NOS มากขึ้น
	นักเรียนเขียนอนุทินน้อย		ครูให้ข้อมูลย้อนกลับในอนุทินเพื่อให้นักเรียนทราบว่า ข้อมูลจากอนุทินนักเรียนสำคัญและมีประโยชน์

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
3	กิจกรรมมีการดำเนินไปเป็นลำดับขั้นตอน มีใบกิจกรรมที่สอดคล้องแต่ละขั้นของกิจกรรม ผู้วิจัยอธิบายเงื่อนไขในการทำกิจกรรมชัดเจน ทำให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ดี ไม่วุ่นวาย	เนื่องจากคาบที่แล้วนักเรียนสะท้อนในอนุทินว่ายังไม่เข้าใจเนื้อหามากนัก ผู้วิจัยจึงทบทวนให้อีกครั้ง ทำให้เวลาในการทำกิจกรรมของคาบนี้ลดลง นักเรียนสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์ในห้องไม่ทัน	ควรใช้เวลานอกเวลาเรียนในการทบทวนเรื่องที่นักเรียนยังไม่เข้าใจ เพื่อไม่ให้กระทบกับกิจกรรมการเรียนรู้ในครั้งต่อไปต่อเนื่องเป็นลูกโซ่
	ลักษณะกิจกรรมทำให้เห็นพัฒนาการในการเรียนของนักเรียนได้ดี	นักเรียนนำเสนอโมเดลคลอโรพลาสต์ที่สร้างขึ้นไม่ทันในคาบเรียน ต้องนำเสนอในคาบถัดไป ซึ่งมีโอกาสนำเสนอแค่ 3 กลุ่ม นักเรียนรู้สึกเสียใจที่ไม่ได้แสดงผลงาน	ครูควรจัดสถานที่ในการแสดงผลงานไว้ในห้องเรียน นักเรียนจะได้ภูมิใจในผลงานและจะได้เป็นแหล่งเรียนรู้ในห้องเรียนอีกทางหนึ่ง
	ผู้วิจัยนำภาพคลอโรพลาสต์จากกล้องจุลทรรศน์แบบต่างๆ ทั้ง LM TEM และ SEM มาให้แก่นักเรียนดู นักเรียนสนใจและตื่นเต้นที่ได้เห็น	นักเรียนยังเขียนอนุทินน้อย	ครูให้ข้อมูลย้อนกลับในอนุทินอย่างละเอียดและนำข้อเสนอแนะของนักเรียนในอนุทินมาปรับปรุงการสอน เพื่อให้ นักเรียนทราบว่าคุณครูใส่ใจในผลสะท้อนของนักเรียน
	การให้นักเรียนสร้างแบบจำลองคลอโรพลาสต์โดยให้นักเรียนเลือกของ 5 อย่างจาก 10 อย่าง ทำให้นักเรียนรู้สึกท้าทายและได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ดี อีกทั้งแบบจำลองสามารถสะท้อนความเข้าใจของนักเรียนได้ดี	ครูบังคับประเด็น NOS ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรม ทำให้ได้รับความสนใจในการร่วมอภิปรายจากนักเรียนน้อย	อาจใช้เวลาหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้เนื้อหาเสร็จสิ้นก่อน แล้วจึงบังคับและอภิปรายเกี่ยวกับประเด็น NOS ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน น่าจะทำให้การเรียนรู้เนื้อหาไม่สะดุด และเป็นรูปแบบในการเรียนให้นักเรียนทราบว่าหลังกิจกรรมเราจะมาอภิปรายประเด็น NOS กัน
	จากการสอนครั้งที่ 1 และ 2 ที่พบว่ามีความอภิปรายประเด็น NOS ไม่พอ ผู้วิจัยจึงลดประเด็น NOS เป้าหมายลง ทำให้มีเวลาในการอภิปรายได้มากขึ้น		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
4	จากข้อมูลในอนุทิน นักเรียนส่วนใหญ่บอกว่าชอบกิจกรรมที่ได้ทดลอง ได้ลงมือปฏิบัติเอง และการทำงานกลุ่มทำให้ได้แลกเปลี่ยนความเห็นและช่วยกันเรียน	นักเรียนมีพื้นฐานเกี่ยวกับการแยกสารโดยวิธีโครมาโทกราฟีน้อย ผู้วิจัยต้องใช้เวลาในการปูพื้นฐานเพื่อนำไปใช้ทำกิจกรรม อีกทั้งในใบกิจกรรม ครูให้นักเรียนเขียนรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับการทดลองเอง รวมทั้งวิธีการทดลองเพราะคาดหวังว่าจะให้นักเรียนมีส่วนในการออกแบบการทดลอง แต่ปรากฏว่านักเรียนมีพื้นฐานเรื่องการแยกสารด้วยวิธีโครมาโทกราฟีน้อย จึงทำไม่สามารถทำได้ ครูต้องช่วยออกแบบการทดลองให้ ซึ่งพบว่านักเรียนบางส่วนตามไม่ทัน ทำให้มีถามครูอยู่เรื่อยๆ ว่าต้องทำอะไร	ควรมีการตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรม หรือมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาความรู้เหล่านั้นมาก่อนล่วงหน้า และในใบกิจกรรม ครูควรมีขั้นตอนในการทดลองบอกไว้ก่อนจะทดลองดีกว่าหากไม่รู้ว่ามีพื้นฐานเกี่ยวกับการทดลองมากนักยิ่งดี
	จากการที่ครูให้ข้อมูลย้อนกลับในอนุทินอย่างละเอียดและนำข้อเสนอแนะของนักเรียนในอนุทินมาปรับปรุงการสอน พบว่านักเรียนเขียนให้ข้อมูลในอนุทินมากขึ้น	ในการสอนครั้งนี้พบว่าใบไม้บางชนิดให้ผลการแยกสารสีด้วยกระดาษโครมาโทกราฟีไม่ชัดเจน ได้แก่ กระแจะ และคำลิ่ง ส่วนใบที่ให้ผลชัดเจนคือ ปวยเล้ง และกระดุมทอง	ถึงแม้ว่าผู้วิจัยได้ทำการทดลองมาก่อนและเลือกใบไม้ที่คิดว่าให้ผลชัดเจนมาใช้ในการทดลอง แต่พอสอนจริงพบว่าใบไม้บางชนิดที่ให้ผลไม่ชัดเจนนัก ดังนั้นครูควรทำการทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อยืนยันผลว่าควรเลือกตัวอย่างใดมาใช้ในการห้องเรียน
	กิจกรรมโครมาโทกราฟีกระดาษสะท้อนมุมมอง NOS ด้านหลักฐานเชิงประจักษ์และ การสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ชัดเจน	สารเคมีที่ใช้ (อะซิโตน ปีโตรเลียมอีเทอร์) มีกลิ่นฉุน และค่อนข้างอันตราย ต้องกำชับนักเรียนให้ระวัง	อาจหาสารเคมีที่ให้ผลใกล้เคียงแต่ไม่อันตรายแทนในการทดลอง หรือหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายให้นักเรียน เช่น ผ้าปิดปากและจุก เป็นต้น

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
4	ผู้วิจัยลำดับการเรียนการสอนโดยทำกิจกรรมการเรียนการสอนเนื้อหาเสร็จแล้วจึงบ่งชี้ประเด็น NOS เพื่อแก้ปัญหการให้ความสนใจในการอภิปรายประเด็น NOS จากการสอนครั้งที่ผ่านมา พบว่านักเรียนให้ความสนใจในการอภิปรายประเด็น NOS มากขึ้น	ผู้วิจัยวางแผนที่จะทำกิจกรรมมากเกินไป และการสอนจริงใช้เวลามากกว่าตอนทดลองสอนมาก ทำให้ไม่สามารถทำกิจกรรมได้หมดทุกอย่างตามแผน คือ ทำได้แต่กิจกรรมแยกสารสีโดยโครมาโทกราฟีกระดาษ แต่ทำกิจกรรมวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ไม่ทัน ผู้วิจัยใช้การสาธิตแทน	ควรให้ความสำคัญกับการวางแผนกิจกรรมที่คำนึงถึงเวลาในการทำกิจกรรมมากขึ้น ควรต้องเผื่อเวลาในการทำกิจกรรมให้มากกว่าตอนทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มเล็ก ควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมแต่ละขั้นให้นักเรียนรู้อย่างชัดเจน และครูต้องเข้มงวดเรื่องเวลามากขึ้น
	จากอนุทินของนักเรียน สะท้อนว่านักเรียนไม่ชินกับระบบการเรียนที่มีเอกสารเยอะทั้งใบงาน ใบความรู้ แบบประเมิน อนุทิน ทำให้วุ่นวายในการจัดเก็บและลำดับการใช้งานเอกสารในการเรียน รวมถึงการส่งงานให้ครู	นักเรียนเข้าห้องสาย	ครูน่าจะหาเพิ่มหรือทำเอกสารมาเป็นเล่มเพื่อจัดระบบการใช้เอกสารประกอบการเรียน และป้องกันเอกสารสูญหาย
	ยังมีนักเรียนบางคนที่ยังจับประเด็น NOS ไม่ได้	นักเรียนเข้าห้องสาย	ให้แสดมปีกับ 10 คนแรกที่เข้าห้องก่อน และวางข้อตกลงว่าจะต่อเวลาเรียนออกไปเท่ากับเวลาที่นักเรียนมาสาย
	นักเรียนบางกลุ่มทำงานไม่ทันเพื่อนและยังใช้อุปกรณ์และสารเคมีไม่ถูกต้อง		ครูน่าจะมีคำพูดหรือจุดดึงความสนใจก่อนจะอภิปรายประเด็น NOS เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน
			ครูต้องเดินดูการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียน และให้คำแนะนำ คำปรึกษาอย่างทั่วถึง

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
5	จากปัญหาเรื่องข้อจำกัดของเวลา ครูนี้ผู้วิจัยใช้การแข่งขันเพื่อกระตุ้นเวลา และใช้เสตมป์สะสมแต้มกระตุ้นความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมของนักเรียนได้	นักเรียนมีการตอบสนองต่อคำถามในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน น้อย เนื่องจากมีการเชื่อมโยงความรู้เดิมเกี่ยวกับการทดลองของแคเนียล อาร์นอน ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนยังไม่เข้าใจการทดลองของเขามากนัก	ปรับคำถามให้ง่ายขึ้น และเห็นภาพมากขึ้น ไม่ควรเป็นคำถามที่เป็นนามธรรมมาก หรือควรมีการกระตุ้นให้นักเรียนทบทวนความรู้เดิมอยู่เสมอ หลังเรียนจบในแต่ละเรื่อง
	จากปัญหาเรื่องการจับประเด็น NOS ก่อนอภิปราย ประเด็น NOS ผู้วิจัยใช้คำพูดว่า “สำหรับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในวันนี้...” ทำให้นักเรียนสนใจฟังและตอบสนองต่อคำถามของผู้วิจัยมากขึ้น	ด้วยเนื้อหาที่เป็นนามธรรม ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนศึกษาหาคำตอบจากใบความรู้ ซึ่งทำให้นักเรียนไม่กระตือรือร้นและขาดความสนใจ	อาจจำลองสถานการณ์ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนมากขึ้น รู้สึกตื่นเต้นและท้าทายในการหาคำตอบจากใบความรู้
	สถานการณ์ที่วางไว้สามารถบ่งชี้ประเด็น NOS ได้ชัดเจน และสามารถอภิปรายได้เต็มที่เนื่องจากมีประเด็นเดียว	นักเรียนสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ได้ไม่ครบทุกกลุ่มเนื่องจากข้อจำกัดของเวลา	ครูให้ตัวแทนนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในเรื่องเดียวกันนำเสนอเพียงกลุ่มเดียวแล้วให้กลุ่มอื่นที่ศึกษาเหมือนกันเปรียบเทียบและให้ข้อมูลเพิ่มเติม
	จากปัญหาเรื่องนักเรียนเข้าห้องสาย มาครั้งนี้พบว่านักเรียนรีบมาเข้าห้องเรียนเร็วขึ้นเพื่อเป็น 10 คนแรกที่ได้รับเสตมป์จากครู		
	ครูให้อุปกรณ์สำหรับจัดเก็บเอกสารและทำเป็นเล่ม ทำให้นักเรียนมีระบบในการใช้เอกสารประกอบการเรียนและส่งงานครบมากขึ้น		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
6	จากจุดอ่อนเรื่องคำถามนำครั้งที่ผ่านมา ผู้วิจัยปรับคำถามนำในครั้งนี้ให้ฟังดูง่ายและน่าคิด โดยผู้วิจัยถามว่า “พืชสร้างน้ำตาลได้อย่างไร พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซและน้ำที่เป็นของเหลวไปสร้างน้ำตาลที่เป็นของแข็งได้อย่างไร” พบว่านักเรียนให้ความสนใจมากขึ้น	กิจกรรมสำหรับการสอนแนวคิดขึ้นเกินไป และผู้วิจัยใช้การแข่งขันเพื่อกระชับเวลาในการทำกิจกรรม อีกทั้งวางคิดว่าจะทำให้แสดมกับกลุ่มแรกที่ทำการกิจกรรมเสร็จ ซึ่งปรากฏว่านักเรียนรีบทำการกิจกรรมจนไม่คำนึงถึงความต้องการของผลงาน และไม่บรรลุแนวคิดเป้าหมายที่วางไว้	เพิ่มระดับความลุ่มลึกของกิจกรรม ให้ได้ใช้ความคิดมากขึ้นและให้ความสำคัญกับความถูกต้องของผลงานก่อนนำเสนอต่อครูและเพื่อนๆ ในห้อง
	จากจุดอ่อนของเนื้อหาบทธรรมที่ผู้วิจัยเคยให้นักเรียนศึกษาหาความรู้จากใบงานจากการสอนครั้งที่ผ่านมา ในครั้งนี้ผู้วิจัยพยายามให้น่าสนใจมากขึ้นโดยการสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นนักสืบโคนัน ข้อนรอยไปติดตามการทำงานของคุณลุงคลวิน พบว่าสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้มาก	ผู้วิจัยใช้กระดาดรูปปลาให้นักเรียนเขียนวัฏจักรคลวินของกลุ่มตัวเองและคิดแสดงไว้ที่ต่างๆของห้อง ซึ่งคิดว่ากระดาดปลาทำให้นักเรียนสร้างสรรค์ผลงานได้โดยไม่มีกรอบจำกัด แต่บางกลุ่มออกนอกกรอบแนวคิดที่ต้องการไปคนละทิศละทาง และกระดาดรูปปลาใหญ่เกินไปที่จะแสดงผลงานได้หมดในห้องเรียนทำให้บางกลุ่มต้องไปติดผลงานหลังห้องหรือข้างหน้าต่าง ซึ่งทำให้ไม่น่าสนใจ	ใช้กระดาด A3 ที่มีกรอบการเขียนวัฏจักรให้นักเรียนเป็นแนวทางในการคิดน่าจะช่วยตีกรอบการคิดของนักเรียนลงมาให้อยู่ในกรอบแนวคิดที่ต้องการได้ และกระดาด A3 มีขนาดที่พอเหมาะสำหรับการติดผลงานทุกกลุ่มหน้าชั้นเรียน
	นักเรียนเขียนอนุทินได้มากขึ้น	นักเรียนออกมาสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้หน้าชั้นเรียน ใช้นเวลามากเนื่องจากพื้นที่ในการเดินในห้องปฏิบัติการแคบ เดินเข้าออกไม่สะดวก	อาจใช้การสื่อสารแบบไม่เป็นทางการ คือให้นักเรียนสื่อสารสิ่งที่เรียนอยู่ที่โต๊ะของตัวเองและให้เพื่อนๆ ให้ข้อมูลสนับสนุนเพิ่มเติมเพื่อกระชับเวลา
	สถานการณ์ที่วางไว้สามารถแสดงประเด็น NOS เป้าหมายได้ชัดเจนและครบถ้วน	แนวคิดเรื่องนี้ค่อนข้างยาก ครูต้องช่วยในการลำดับความคิดและจากอนุทินต้องการให้ครูทบทวนอีกครั้ง	ผู้วิจัยนัดเวลาในการทบทวนนอกเวลาเรียนกับนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
		นักเรียนสะท้อนในอนุทินว่ามีปัญหาเรื่องที่นั่งในห้อง ห้องปฏิบัติการ เนื่องจากผู้วิจัยจัดกลุ่มนักเรียนคละ ความสามารถและให้ลำดับที่นั่งตามโต๊ะที่กำหนดไว้ ซึ่งบางคนนั่งข้างหลังแล้วมองไม่เห็น	ให้นักเรียนสลับที่นั่งกันทุกอาทิตย์ โดยกลุ่ม หลังสุดมานั่งหน้าสุด และขยับถอยลงไปทีละลำดับ ในแต่ละอาทิตย์ ทำให้นักเรียนทุกคนมีโอกาสนั่ง ในแต่ละตำแหน่งของห้องเสมอภาคกัน
7	ผู้วิจัยนำปัญหาที่พบจากการสอนครั้งที่แล้วมา แก้ไข พบว่าการใช้กระดาษ A3 ที่มีกรอบ การเขียนวัฏจักรให้นักเรียนเป็นแนวทางในการคิด ถือว่าประสบความสำเร็จ นักเรียนคิดในกรอบ แนวคิดที่ต้องการมากขึ้น และนักเรียนสามารถนำ ผลงานมาแสดงหน้าชั้นเรียนได้ครบทุกกลุ่ม อีกทั้ง กำหนดกติกาในการแข่งขันให้ชัดเจน พบว่า นักเรียนมีความรอบคอบในการทำงานมากขึ้น คำนึงถึงความถูกต้องของผลงานมากขึ้น	เนื้อหาที่มีรายละเอียดปลีกย่อยมาก นักเรียนยังมองไม่เห็น ข้อได้เปรียบจากการปรับตัวของพืช C_4 และ CAM ว่าทำให้ มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงขึ้นอย่างไร	ผู้วิจัยต้องใช้คำถามช่วยในการชี้นำความคิด
	การที่ผู้วิจัยนัดเวลาในการทบทวนนอกเวลาเรียน กับนักเรียนที่ยังไม่เข้าใจ พบว่าช่วยให้นักเรียน เข้าใจเนื้อหาเดิม และนำความรู้เดิมมาใช้ในการ แก้ปัญหาคำถามใหม่ได้	จากใบกิจกรรม (พืชปริศนา) ที่ให้นักเรียนประยุกต์ใช้ ความรู้ที่เรียนในการแก้สถานการณ์ พบว่านักเรียน บางส่วนยังไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนได้	ผู้วิจัยควรฝึกการนำความรู้ไปใช้โดยเชื่อมโยงกับ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ในชีวิตจริง ซึ่งอาจใช้ การตั้งคำถามในห้องเรียนช่วยฝึกการคิดของ นักเรียน
	จากปัญหาเรื่องเวลาในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ของ นักเรียน พบว่าการให้นักเรียนสื่อสารแบบไม่เป็น		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
	ทางการช่วยย่นระยะเวลาในการสื่อสารลงได้ สถานการณ์ในการบ่งชี้ NOS บ่งชี้ได้ชัดเจน จากเนื้อหาเกี่ยวกับประวัติการศึกษาของ แสทและสแอล ผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมอภิปรายและสะท้อนมุมมอง NOS หลังเสร็จสิ้นกิจกรรม ซึ่งพบว่านักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็น จากการแก้ปัญหาเรื่องที่หนึ่งโดยการเวียนที่นั่งพบว่านักเรียนไม่มีปัญหาเรื่องที่หนึ่งอีก		
8	ผู้วิจัยนำใบไม้ของจริงมาให้นักเรียนดูและถามคำถามนักเรียน ซึ่งพบว่าการนำตัวอย่างจริงมาให้นักเรียนดู สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้	ต้นไม้บางชนิดไม่ได้ปรับตัวตามหลักการที่ว่าไว้ทุกด้าน ทำให้นักเรียนสับสนได้ ผู้วิจัยต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจว่าในความเป็นจริงการปรับตัวของต้นไม้แต่ละชนิดไม่เหมือนกัน บางชนิดอาจปรับตัวแบบหนึ่ง อีกชนิดก็ปรับตัวอีกแบบหนึ่งอาจไม่ได้ปรับตัวทั้งหมดทุกด้าน	ครูควรเลือกต้นไม้ที่มีการปรับตัวชัดเจน นักเรียนจะได้ไม่สับสน และครูควรเดินดูการสำรวจของนักเรียนอย่างทั่วถึง ให้คำแนะนำและคำปรึกษาเมื่อนักเรียนมีปัญหา
	นักเรียนได้ลงมือสำรวจต้นไม้ของจริงที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ให้ ทำให้นักเรียนเห็นภาพการปรับตัวของพืชแต่ละชนิดได้ง่ายขึ้น อีกทั้งต้นไม้ที่ผู้วิจัยนำมาให้นักเรียนศึกษานั้น เป็นต้นไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณโรงเรียน ทำให้นักเรียนเห็นว่าเป็นสิ่งใกล้ตัว ซึ่งจากอนุทินของนักเรียนพบว่า		

ตารางที่ 16 (ต่อ)

แผนที่	จุดแข็ง	จุดอ่อน	แนวทางการแก้ไข
	นักเรียนบอกว่าการเห็นของจริงทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น		
	จากจุดอ่อนเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในคาบที่ผ่านมา มาครั้งนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนฝึกประยุกต์ใช้ความรู้โดยให้นักเรียนวาดรูปต้นไม้ที่มีการปรับตัวในที่ที่มีลักษณะทางกายภาพตามที่ผู้วิจัยกำหนด ปรากฏว่านักเรียนให้ความสนใจและนำความรู้ที่เรียนมาใช้ในการวาดภาพได้อย่างน่าสนใจ		
9	นักเรียนมีโอกาสออกแบบการทดลอง ทดลอง ออกแบบการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลองเองทั้งหมด	ไม่สามารถทดลองได้ทุกปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง ในที่นี้ทำการทดลองได้ 2 ปัจจัย โดยการทดลองใช้เวลานานทำให้นักเรียนให้ความสำคัญกับปัจจัยอื่นลดลง	ให้นักเรียนออกแบบการทดลองมาล่วงหน้า หรือ ใช้กิจกรรมเป็นศูนย์การเรียน เพื่อศึกษาแต่ละปัจจัยได้อย่างทั่วถึง
	สถานการณ์ในการบ่งชี้ NOS ชัดเจนผู้วิจัยใช้คำถามให้นักเรียนร่วมอภิปราย และนักเรียนให้ความร่วมมือในการอภิปรายดี	นักเรียนไม่มีทักษะในการทดลอง ออกแบบการนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลอง ผู้วิจัยต้องช่วยชี้แนะแนวทาง	ควรมีโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกออกแบบและทำการทดลองบ่อยๆ จะได้ฝึกทักษะเหล่านี้ของนักเรียนให้พัฒนาขึ้น

1. แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจากการปฏิบัติที่ดี (Best Practice)

จากจุดแข็งและแนวทางการแก้ไขในการสอนแต่ละครั้ง ดังตารางที่ 16 มีข้อมูลหลายอย่างที่คุณวิจัยได้เรียนรู้จากการปฏิบัติครั้งนี้ คุณวิจัยจึงได้สังเคราะห์ออกมาเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจากการปฏิบัติที่ดี เพื่อเป็นแนวทางให้คุณและผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานของตนเอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ก่อนการจัดการเรียนการสอน ครูควรดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูล ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ในขั้นแรกครูต้องศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แก่ กรอบเนื้อหาที่จะสอนซึ่งในที่นี้คือเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง กิจกรรมหรือการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สามารถนำมาปรับใช้ในห้องเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ข้อมูลด้านประวัติศาสตร์การศึกษาเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์ท่านต่างๆ ข้อมูลด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สามารถบูรณาการเข้าไปในการจัดการเรียนการสอน จากข้อมูลที่ได้โดยเฉพาะกิจกรรมหรือการทดลองต่างๆ ที่จะนำมาปรับใช้ในห้องเรียน จะต้องทำการทดสอบเบื้องต้นก่อนว่าสามารถนำมาใช้จริงในห้องเรียนได้หรือไม่ โดยต้องคำนึงถึงระดับความคลุมคลุ่ของกิจกรรมว่าเหมาะสมกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายหรือไม่ เวลาที่ใช้เหมาะสมหรือไม่ อุปกรณ์มีเพียงพอในห้องปฏิบัติการของโรงเรียนหรือไม่ และสารเคมีที่ใช้มีอันตรายหรือไม่ ทำการทดสอบซ้ำแล้วให้ผลเหมือนเดิมหรือไม่ หากทดสอบแล้วว่าสามารถนำมาใช้ในการสอนจริงได้จึงนำไปใช้ในการออกแบบการสอนรายคาบต่อไป

2. การออกแบบการจัดการเรียนการสอน หลังจากได้ข้อมูลพื้นฐานต่างๆ รวมถึงกิจกรรมหรือการทดลองที่สามารถนำมาใช้จริงในห้องเรียน จากนั้นจึงออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนมีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจากเนื้อหาที่สอน และกิจกรรมที่ใช้ให้ครูมองหาโอกาสในการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และกำหนดด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายเป็นหนึ่งในผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ซึ่งการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยสอดแทรกในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่สอนนั้น จะช่วยเชื่อมโยงความสอดคล้อง

ระหว่างธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ทำให้เนื้อหานั้นมีความสมบูรณ์มากขึ้น และยังช่วยให้ครูไม่ต้องเพิ่มภาระงานจากการเตรียมบทเรียนเพื่อสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เพิ่มอีก (Schwartz and Lederman, 2001) แต่อย่างไรก็ดีจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าในการสอนแต่ละครั้งไม่ควรกำหนดด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายมากเกินไป เพราะอาจทำให้ไม่สามารถอภิปรายได้ครบทุกด้านและมีเวลาไม่เพียงพอที่จะอภิปรายแต่ละด้านได้อย่างลึกซึ้ง ในที่นี้ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางในการมองหาโอกาสที่จะสามารถสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการสอนได้ ดังนี้

1) ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สามารถมองหาโอกาสได้จากเนื้อหาที่สอนและกิจกรรมที่ใช้ ทางด้านเนื้อหา เช่น จากประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีข้อมูลการศึกษาหรือการทดลองของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่าน ที่แสดงถึงหลักฐานต่างๆ ที่เขารวบรวมมาก่อนมาสรุปเป็นข้อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เสนอต่อสาธารณชน ซึ่งครูสามารถบ่งชี้ให้นักเรียนเห็นว่าการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาจากหลักฐานที่พิสูจน์ได้ ส่วนด้านกิจกรรมที่ใช้สามารถบ่งชี้ได้จากหลักฐานจากการทดลอง หรือข้อมูลที่รวบรวมมาก่อนที่จะสรุปเป็นความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นมาด้วยตนเอง

2) ด้านการสังเกต ลงความเห็นและมีความเป็นตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

สามารถใช้โอกาสจากการทดลองที่มีหลักฐานที่ต้องอ้างอิงไปถึงสิ่งที่ประสาทสัมผัสมนุษย์รับรู้ไม่ได้ ซึ่งต้องอาศัยการสังเกตจากหลักฐานที่ได้ จากนั้นลงความเห็นหรือแปลความหมายจากหลักฐานนั้น จะนำมาซึ่งสิ่งที่เรียกว่ามีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม ยกตัวอย่างเช่น การอ้างอิงถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มองไม่เห็นโดยใช้หลักฐานจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ในน้ำ จากกิจกรรมน้ำเปลี่ยนสี เป็นต้น ซึ่งธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้สามารถเชื่อมโยงและบูรณาการไปพร้อมกับด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี

3) ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์

ควรมองหาทฤษฎีและทฤษฎีที่สอดคล้องกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างและความสัมพันธ์ของทฤษฎีได้ชัดเจนขึ้น ยกตัวอย่างเช่น กฎของบอยล์ และทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งในการสอนครั้งนี้พบว่าสามารถทำให้นักเรียนเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น แต่อย่างไรก็ดีหากครูสามารถบ่งชี้กฎและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่สอนจะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาไปพร้อมกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้

4) ด้านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สามารถบ่งชี้ได้จากทั้งเนื้อหาและกิจกรรมที่สอน ด้านเนื้อหา เช่น ประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการออกแบบการศึกษา หรือการลงความเห็นจากผลการศึกษา รวมไปถึงการสื่อสารสิ่งที่ศึกษาให้ผู้อื่นเข้าใจนั้น สามารถชี้ให้เห็นถึงการใช้จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการในทุกขั้นตอนของการศึกษา ส่วนในกิจกรรมที่ใช้ หากสามารถให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองและทำการทดลองรวมถึงสรุปผลการทดลองเองในทุกขั้นตอนจะสามารถทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้นี้ได้ดี

5) การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สามารถบ่งชี้ได้จากทั้งเนื้อหาและกิจกรรมที่สอน ด้านเนื้อหาเช่น ประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หากมีกรณีที่นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษแล้วผลการศึกษาไม่เป็นไปตามที่คาดไว้ ในที่นี้ยกตัวอย่างเช่น กรณีของคัลวิน ที่คิดว่าสาร 3 คาร์บอนที่พบว่าเป็นสารคงตัวตัวแรก ในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (PGA) มาจากสาร 2 คาร์บอนรวมกับคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ศึกษาแล้วไม่พบสาร 2 คาร์บอนดังกล่าว แต่พบสาร 5 คาร์บอน (RuBP) แทน จึงมีการศึกษาอย่างละเอียดอีกครั้งพบว่าก่อนได้มาเป็นสาร 3 คาร์บอน จะได้สาร 6 คาร์บอนก่อน แต่สารนี้ไม่อยู่ตัว จึงสลายเป็นสาร 3 คาร์บอน 2 โมเลกุล ซึ่งจากจุดนี้ทำให้เห็นว่าความรู้เดิมหรือทฤษฎีเดิมที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือ มีอิทธิพลต่อการทำงานและแปลความหมายจากหลักฐานได้ ส่วนด้านกิจกรรมที่ใช้ หากมีโอกาสให้นักเรียนออกแบบหรืออธิบายความหมายจากข้อมูลที่ครูให้เหมือนกัน อาจพบว่านักเรียนออกแบบหรือให้ความหมายที่แตกต่างกันได้ ซึ่งจุดนี้สามารถบ่งชี้ให้นักเรียน

เห็นว่าความเชื่อ ค่านิยม ความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของแต่ละคนมีผลต่อการทำงานและการสร้างสรรค์ผลงานเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์

6) ด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์

ด้านนี้สามารถเชื่อมโยงได้จากไม่ยากนัก เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงจากเนื้อหาที่สอนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจของคนในสังคมจะทำให้นักเรียนมองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น เช่น จากเนื้อหาเรื่องสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ผู้วิจัยเชื่อมโยงกรณีน้ำคลอโรฟิลล์ที่มีผลต่องานวิจัยทางด้านนี้ของนักวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

7) ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ด้านนี้สามารถชี้ให้เห็นได้จากกิจกรรมที่ใช้ ซึ่งควรให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นการทดลอง การสังเกตและลงข้อสรุป การค้นคว้าหาความรู้ เป็นต้น ที่จะนำมาซึ่งข้อสรุปเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากกิจกรรมการทดลอง หากอภิปรายกันอย่างลึกซึ้งแล้วจะสามารถทำให้เห็นลักษณะเฉพาะของการทดลองที่แตกต่างจากการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์รูปแบบอื่น ซึ่งเมื่อนักเรียนเข้าใจลักษณะเฉพาะของการทดลองแล้ว เมื่อครูให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้จากวิธีอื่นที่ไม่ใช่การทดลอง นักเรียนก็จะตระหนักว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียว

8) ด้านความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ด้านนี้สามารถชี้ให้เห็นได้ชัดเจนจากเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีหลักฐานหรือคำอธิบายที่สมเหตุสมผลกว่า ยกตัวอย่างเช่น กรณีการเปลี่ยนชื่อปฏิกิริยา Dark reaction เป็น CO_2 -fixation เป็นต้น หรือจากประวัติการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละเรื่อง จากอดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งมีวิวัฒนาการและมีการเปลี่ยนแปลงความรู้มาโดยตลอด จะทำให้นักเรียนตระหนักถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้

การจัดการเรียนการสอน ครูควรมีการดำเนินการเป็นลำดับขั้นตอน มีใบกิจกรรมที่สอดคล้องกับกิจกรรมในแต่ละชั้น และวางเงื่อนไขในการทำกิจกรรมให้ชัดเจน ซึ่งมีรายละเอียดในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ และให้นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

โดยครูควรมีการใช้สื่อการสอนหรือสถานการณ์ช่วยในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อให้เกิดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์โดยอาจเป็นคำถามจากครูหรือนักเรียนเอง ที่จะนำไปสู่กระบวนการหาคำตอบต่อไป ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าหากครูมีสื่อการสอนหรือสถานการณ์ที่มีความท้าทายความสามารถของนักเรียน นักเรียนจะมีความสนใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมมาก แต่หากผู้วิจัยตั้งประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์โดยปราศจากสื่อการสอนหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์นั้นได้น้อยลง เช่น ในแผนการสอนที่ 5 เรื่องปฏิกิริยาแสงที่ผู้วิจัยเชื่อมความรู้เดิมเรื่องผลการศึกษาของอาร์นอนจากการเรียนประวัติการค้นคว้าเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยถามว่า “จากผลการทดลองของอาร์นอน พืชสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมีในรูป ATP และ NADPH ได้อย่างไร และก๊าซออกซิเจนเกิดขึ้นมาได้อย่างไร” พบว่านักเรียนมีปฏิกิริยาต่อคำถามน้อย และมีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมในชั้นต่อน้อยลง ในการสอนครั้งถัดมาซึ่งเป็นเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และโฟโตเรสไพเรชัน ที่มีเนื้อหาที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมเหมือนกันผู้วิจัยเปลี่ยนมาเป็นการสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนเป็นนักสืบย้อนข้ามผ่านประตูลเวลาไปติดตามการทดลองของคัลวิน โดยใช้คำถามง่ายๆ ว่า “พืชสร้างน้ำตาลได้อย่างไร พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นก๊าซและน้ำที่เป็นของเหลวไปสร้างน้ำตาลที่เป็นของแข็งได้อย่างไร” ปรากฏว่านักเรียนมีความสนใจและอยากรู้อยากเรียนมากขึ้น และในการสอนครั้งถัดมาในเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมและมีเนื้อหาเชื่อมโยงกับการสอนครั้งที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้ใช้สถานการณ์ให้นักเรียนเป็นนักสืบและย้อนข้ามผ่านประตูลเวลาไปติดตามการทดลองของแฮท และสแลคคัลยกรณิของคัลวิน พบว่านักเรียนยังให้ความสนใจในกิจกรรมเช่นเดียวกัน ทั้งนี้ ประดิษฐ์ เหล่าเนตร และณัฐภัสสร เหล่าเนตร (2552) ได้ให้ความเห็นว่ากิจกรรมที่ท้าทายจะช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้สนุกและกระตุ้นให้อยากรู้ จึงอยากลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ เช่นเดียวกับ สมบูรณ์ ศาลยาชีวิน (2526: 267) ที่อธิบายขั้นตอนการเรียนรู้ของบุคคลว่า เริ่มจากการรับรู้สิ่งแปลกใหม่ น่าสนใจ ทำทาสติปัญญา จะทำให้เกิดการครุ่นคิดไตร่ตรอง วิเคราะห์ข้อเท็จจริง พยายามให้ได้มาซึ่งความรู้ ความจริงอย่างมีระบบแบบแผนและพร้อมที่จะลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

จากการสอนทั้ง 9 แผนการสอนที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่า การให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติในการหาหลักฐานเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่นักเรียนได้มีโอกาสหาหลักฐานจากของจริงหรือได้ทดลองจริงจะสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการศึกษาหรือการทดลองด้วยตัวเอง ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่ามีส่วนช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ทิสนา แคมมณี (2540) ได้ให้ความเห็นว่า ในการเรียนการสอนควรให้นักเรียนมีโอกาสเข้าร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างทั่วถึงและมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การที่นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้กระทำรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตน จะช่วยให้นักเรียนเกิดความพร้อมและความกระตือรือร้นที่จะเรียนและเรียนอย่างมีชีวิตชีวา และซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการสอนที่ NRC (2000) ได้เสนอไว้ว่าควรให้ความสำคัญกับการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน แต่อย่างไรก็ดี การให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการด้วยตนเองนั้นเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนมากเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ซึ่งครูมีบทบาทอย่างมากในการควบคุมเวลา ตั้งแต่การวางแผนที่ต้องคำนึงถึงกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา จนถึงการควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนให้ชัดเจน จึงสามารถทำให้การจัดการเรียนการสอนรูปแบบนี้มีประสิทธิภาพในเวลาที่มีได้อย่างเหมาะสม ซึ่งครูอาจใช้เทคนิคต่างๆ ในการควบคุมเวลา เช่น ใช้การแข่งขัน เพื่อให้นักเรียนทำงานในเวลาอันจำกัดได้เร็วขึ้น หรือมีของรางวัล อาทิ แสตมป์สะสมแต้มเพื่อกระตุ้นการทำกิจกรรมของนักเรียน เป็นต้น

ส่วนแนวคิดที่ค่อนข้างเป็นนามธรรม ทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติจากของจริงไม่ได้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนหาหลักฐานจากการสืบค้นจากใบความรู้แล้ววาดภาพสื่อความหมายสิ่งที่เรียนรู้ออกมาแทน โดยพบว่าหากให้นักเรียนสืบค้นจากใบความรู้อย่างเดียว นักเรียนอาจทำให้ไม่น่าสนใจมากนัก เช่น แผนที่ 5 เรื่องปฏิกิริยาแสง ดังนั้นในแผนถัดไป เรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมเช่นเดียวกัน ผู้วิจัยจึงปรับมาใช้สถานการณ์ โดยให้นักเรียนเป็นนักสืบย้อนเวลาไปติดตามการศึกษาของคัลวิน โดยมีภาพแสดงการศึกษาของคัลวินและผลการศึกษาที่คัลวินให้นักเรียนเห็นอย่างชัดเจนบนจอร์ับภาพหน้าห้องเรียน ซึ่งพบว่าสามารถดึงดูดความสนใจนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น เช่นเดียวกับการสอนในครั้งถัดมาในเรื่องปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 , C_4 และ CAM ซึ่งผู้วิจัยได้ทำกิจกรรมในลักษณะเดียวกัน พบว่านักเรียนรู้สึกสนุกกับกิจกรรมมากขึ้น



ภาพที่ 16 นักเรียนลงมือทำปฏิบัติการทดลองเพื่อหาหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 17 จำลองสถานการณ์นักสืบโคนันเพื่อให้นักเรียนหาหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

จากการสอนทั้ง 9 แผนการสอนที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่า การให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มมีส่วนช่วยในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานของนักเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้จัดให้ใน 1 กลุ่มมีทั้งเด็กเก่ง ปานกลางและอ่อนอยู่ด้วยกัน พบว่านักเรียนทุกคนในกลุ่มให้ความร่วมมือในการเรียนเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นเด็กเก่ง ปานกลางหรืออ่อน ทุกคนจะมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเพื่อช่วยกันสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในช่วงแรกของการสอนรูปแบบนี้อาจพบว่านักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายจากหลักฐานได้ด้วยตัวเอง ครูอาจต้องใช้คำถามสืบเสาะเพื่อช่วยกระตุ้นการคิดและลำดับความคิดของนักเรียน อีกทั้งอาจต้องมีรางวัล เช่น แสตมป์สะสมแต้ม เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมและการตอบคำถามของครูในชั้นเรียน



ภาพที่ 18 กิจกรรมนักสืบโคนันตอน ตามรอยแฮทและสแลค นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่มในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการสอนทั้ง 9 แผนการสอนที่ผ่านมา ผู้วิจัยพบว่า ส่วนใหญ่นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ผู้วิจัยต้องใช้ในการถามคำถามช่วย

โดยส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะให้นักเรียนประเมินคำอธิบายโดยเปรียบเทียบกับใบความรู้แล้วหลังจากนั้นผู้วิจัยจะใช้คำถามสืบเสาะเพื่อช่วยเชื่อมโยงคำอธิบายของนักเรียนไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยมักใช้โอกาสนี้ในการปรับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย โดยใช้การอภิปรายหยาบๆ แนวคิดที่นักเรียนคลาดเคลื่อนก่อนเรียนมาเปรียบเทียบกับแนวคิดที่ได้เรียนรู้ใหม่ ว่าแบบไหนสมเหตุสมผล มีหลักฐานยืนยัน และอธิบายได้ดีกว่ากัน

5. นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น

หลังจากที่นักเรียนผ่านการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานมาอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว นักเรียนควรมีโอกาสในการสื่อสารสิ่งที่ได้เรียนรู้ เพื่อเป็นการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองให้ครูและเพื่อนทราบ ซึ่งหากเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนครูจะได้มีโอกาสนำแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ทันที ประมวล ศิริพันธ์แก้ว (2553) ให้ความเห็นว่า เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องสื่อสารองค์ความรู้ไปยังผู้อื่นเพื่อการวิพากษ์ หรือโต้แย้งอย่างมีตรรกะ ทั้งนี้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นอาจมีความไม่สมบูรณ์ในบางส่วน ข้อคิดเห็นจากผู้อื่นจะเป็นแนวทางมาตรวจสอบ หรือหาข้อมูลเพิ่มเติม สามารถพัฒนาต่อยอดความรู้ต่อไปได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้พบว่าในการสื่อสารของนักเรียนนั้นอาจทำในรูปแบบการสื่อสารอย่างไม่เป็นทางการเพื่อกระชับเวลาในการทำกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลาที่มีในการเรียนในห้องเรียนจริง

6. ครูบ่งชี้และอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การที่นักเรียนจะจำแนกลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แต่ละด้านที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนได้นั้น ครูอาจใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นและเรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ ผ่านการคิดของตนเองและการอภิปรายร่วมกับครู โดยการบ่งชี้และอภิปรายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในการสอนแต่ละครั้งนั้น จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ โดยเฉพาะในขณะที่นักเรียนหาหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์มักมีโอกาสดูแลให้เห็นถึงลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งในการบ่งชี้และอภิปรายประเด็นของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เหล่านั้น ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมอยู่ อาจไม่ได้รับความสนใจจากนักเรียนเท่าที่ควร ครูควรใช้เวลาหลังจากที่นักเรียนได้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่ได้เรียนรู้เรียบร้อยแล้ว จึงบ่งชี้และอภิปรายเกี่ยวกับประเด็น

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในลำดับถัดมา เพื่อไม่ให้เกิดการจัดการเรียนการสอนเนื้อหาขาดตอนและจะได้อภิปรายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่องและสามารถเชื่อมโยงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกันได้ไปพร้อมกันอีกด้วย โดยอาจมีคำพูดที่ทำให้ให้นักเรียนได้ทราบว่ากำลังจะอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เช่น “ประเด็นความเป็นวิทยาศาสตร์ในวันนี้” เพื่อให้ให้นักเรียนทราบว่ากำลังจะกล่าวถึงประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และใช้การถามคำถามเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาหรือสิ่งที่นักเรียนได้ปฏิบัติกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่ง Abd-El-Khalick และ Lederman (1998) ได้ให้ความเห็นว่า ความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์จะไม่เกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติหลังจากการสอนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีครูจะต้องบ่งชี้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ร่วมกับการอภิปรายธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ครูควรใช้เวลาในการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนได้มีเวลาคิดและพิจารณาลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้ได้อย่างลึกซึ้ง

7. การสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

หลังจากที่ครูและนักเรียนได้อภิปรายเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้ว ครูควรให้นักเรียนสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ โดยผ่านทางการถามตอบในชั้นเรียนหรืออนุทินของนักเรียน โดยในการสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนนั้น หากนักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูอาจต้องมีการเสริมแรงด้วยของรางวัล เช่น แสตมป์สะสมแต้ม เพื่อเป็นแรงจูงใจในการแสดงออกมากขึ้น โดย Abd-El-Khalick and Lederman (2000) ให้ความเห็นว่า ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และได้รับการแก้ไขปรับปรุงมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการอภิปรายและสะท้อนความคิดเห็นร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้การสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียนผ่านอนุทินเป็นเครื่องมือที่ดีอีกเครื่องมือหนึ่งที่จะทำให้ครูเข้าใจการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยพบว่าหากครูให้ความสำคัญกับอ่านและให้ข้อมูลย้อนกลับไปในอนุทิน รวมทั้งนำข้อเสนอแนะต่างๆ ของนักเรียนมาปรับปรุงการสอน นักเรียนจะให้ความสำคัญกับการเขียนอนุทินมากขึ้น สอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์ (2550) ที่ว่า ครูควรใส่ใจอ่านอนุทินและเขียนตอบเพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นประโยชน์แก่นักเรียนในการปรับปรุงตนเองและการเรียนรู้ อีกทั้งใช้ประโยชน์จากข้อเสนอแนะของนักเรียนเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน สิ่งเหล่านี้จะทำให้นักเรียน

ตระหนักถึงความสำคัญของการเขียนอนุทินและการใช้ประโยชน์จากอนุทิน ไม่คิดว่าการเขียนอนุทินเป็นการเพิ่มภาระงาน แต่เป็นกิจกรรมที่มีประโยชน์ต่อตนเองและผู้ที่เกี่ยวข้อง

2. คุณลักษณะของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง

จากการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เรียนรู้ถึงคุณลักษณะของครูที่จะสอนโดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งตามแนวทางที่ผู้วิจัยเสนอแนะ ดังนี้

1. เป็นผู้แสวงหาความรู้อยู่เสมอ (Scientific Inquirer) เนื่องด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นครูควรติดตามความก้าวหน้าและการเปลี่ยนแปลงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ อยู่เสมอ อีกทั้งค้นหาวิธีการสอน หรือการทดลองใหม่ๆ ที่สามารถนำมาปรับใช้กับนักเรียนในบริบทของตนเอง เพื่อพัฒนาปรับปรุงการสอนให้ก้าวหน้าและส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้มากที่สุด

2. เป็นผู้แม่นยำในเนื้อหา (Master of Scientific Knowledge) ในการสอนของครูสิ่งสำคัญอันดับต้นๆ คือการเข้าใจเนื้อหาที่จะสอนอย่างถ่องแท้ ซึ่งในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นความแม่นยำในเนื้อหาสำคัญมากที่ครูจะนำไปออกแบบกิจกรรมที่จะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้อง อีกทั้งในการสอนที่มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ไปในการสอนด้วยนั้น ครูจะต้องมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง จึงสามารถหาโอกาสบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม

3. เป็นผู้ศึกษาประวัติศาสตร์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Historian of Science) ในการสอนครั้งนี้มีเนื้อหาส่วนหนึ่งเกี่ยวกับประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงทำให้ผู้วิจัยตระหนักว่า การศึกษาประวัติเกี่ยวกับการได้มาซึ่งความรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งทำให้เราเข้าใจเนื้อหาเรื่องนั้นได้ดียิ่งขึ้น และเข้าใจความเป็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ดังนั้นหากครูมีโอกาสนในการศึกษาประวัติศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะสอนและนำมาถ่ายทอดให้นักเรียนได้เรียนรู้ จะช่วยส่งเสริมการเข้าใจเนื้อหา และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น

4. เป็นผู้ที่มีตรรกะที่ดี (Logical Thinker) วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยเหตุและผล ดังนั้นครูวิทยาศาสตร์ควรต้องเป็นคนมีเหตุผล เพื่อเป็นตัวอย่างในการแสดงความคิดและการกระทำที่มีเหตุผลแก่นักเรียน อีกทั้งในการจัดการเรียนการสอน ออกแบบกิจกรรมต่างๆ ที่จัดให้นักเรียนปฏิบัติจะต้องทำไปอย่างมีจุดหมายและมีเหตุผลที่เหมาะสมว่ากิจกรรมนี้ทำเพื่ออะไร สามารถสอนแนวคิดที่ต้องการได้หรือไม่ เหมาะสมกับเวลา และอุปกรณ์ที่มีในห้องเรียนหรือไม่ นักเรียนเรียนเรื่องนี้แล้วจะนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จะทำให้การจัดการเรียนการสอนของครูมีความหมายกับนักเรียนมากขึ้น

5. เป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinker) ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน ครูต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในการออกแบบการจัดการเรียนการสอน ทั้งในการคิดกิจกรรม การสร้างสื่อการสอน การเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาเป็นสื่อการสอน ซึ่งหากไม่มีอุปกรณ์ตามที่อยู่ในหนังสือเรียน หรือในคู่มือ ครูต้องคิดหาอุปกรณ์อื่นที่มีในโรงเรียน หรือท้องถิ่นมาใช้แทน ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้หากครูจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้แสดงความคิดสร้างสรรค์ เช่น การสร้างโมเดลต่างๆ จากสิ่งของเหลือใช้ ก็จะช่วยทำให้ครูพัฒนาการใช้ความคิดสร้างสรรค์โดยการเรียนรู้ไปพร้อมกับนักเรียนได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้การหาวิธีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในการสอนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์มากเช่นกัน

6. เป็นผู้ที่มีความสามารถในการจัดการชั้นเรียน (Classroom Manager) ในการสอนของครู สิ่งหนึ่งที่สำคัญคือการจัดการชั้นเรียน เพราะหากแม้ครูวางแผนการสอนไว้ดีเพียงไร แต่ถ้าครูไม่สามารถทำให้นักเรียนสนใจและให้ความร่วมมือในการเรียนได้ การจัดการเรียนการสอนก็จะเกิดขึ้นไม่ได้หรือเกิดขึ้นได้น้อย โดยครูอาจมีเทคนิคที่นำมาใช้ในการจัดการชั้นเรียน เช่น การเสริมแรง การสร้างข้อตกลงในการปฏิบัติร่วมกัน เป็นต้น นอกจากนี้ครูควรต้องมีปฏิภาณไหวพริบดี เนื่องจากในการสอนจริงในห้องเรียน มักมีเหตุการณ์ต่างๆ ที่คาดไม่ถึงเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เช่น คำถามที่ครูอาจคิดไม่ถึงมาก่อนจากนักเรียน ผลการทดลองไม่เป็นไปตามที่คาดหมายไว้ เวลาที่ใช้ในการสอนไม่พอ เป็นต้น ดังนั้น ครูต้องมีปฏิภาณไหวพริบดีพอสมควรที่จะแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้าต่างๆ เหล่านี้ที่เกิดขึ้น ซึ่งบางครั้งอาจต้องอาศัยประสบการณ์ในการแก้ปัญหาต่างๆ แต่อย่างไรก็ดีสำหรับครูมือใหม่อย่างผู้วิจัย มีสิ่งหนึ่งที่ สามารถทำได้ในการรับมือกับสถานการณ์ เช่นนี้คือ การคาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นในห้องเรียนและเตรียมตัวล่วงหน้าอย่างรอบด้าน เช่น เตรียมคำตอบสำหรับคำถามที่เกี่ยวข้องในบริบทของการสอน ทำการทดลองล่วงหน้าเพื่อศึกษาผลปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดจะเกิดขึ้นได้จากการทดลองและทำการแก้ไขก่อนนำไปสอนจริง มีแผนสำรองสำหรับการสอนในเวลาอันกระชับ เป็นต้น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่มีต่อการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนพัฒนาการสอนเพื่อสังเคราะห์เป็นแนวทางการจัดการเรียน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนที่ส่งเสริม การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งสรุป ผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

การวิจัยในครั้งนี้ มีกรอบเนื้อหาที่ศึกษาครอบคลุม 4 แนวคิดหลักคือ คลอโรพลาสต์และ สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การปรับตัวของพืช เพื่อรับแสง และปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง เก็บรวบรวมข้อมูลจาก แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของ ครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน และใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จัดกลุ่ม แนวคิดและให้คะแนนตามระดับความสอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ 5 ระดับ คือ มีความ เข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ ให้ 4 คะแนน มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน ให้ 3 คะแนน มีความเข้าใจถูกต้อง บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ให้ 2 คะแนน มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน และไม่มี ความเข้าใจแนวคิด ให้ 0 คะแนน ส่วนเครื่องมือชนิดอื่นใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อช่วยยืนยันและ อธิบายข้อมูลการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดแนวคิด โดยนำเสนอผลการศึกษา เป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละแนวคิด และการพัฒนาแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวม โดยการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละ แนวคิด หาค่าความถี่และคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนและหลัง

การจัดการเรียนการสอน เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแนวคิด ที่ศึกษา ส่วนการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวมทำการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ 60% และพิจารณาระดับพัฒนาการจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่า

การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในแต่ละแนวคิด ก่อนการจัดการเรียน การสอนนักเรียนมีแนวคิดที่ค่อนข้างหลากหลาย มีคำตอบอยู่ในทุกกลุ่มแนวคิด แตกต่างกัน ตามแนวคิดและบริบทของคำถาม โดยส่วนใหญ่ นักเรียนอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) แต่หลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบชัดเจน พบว่านักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ (CU) และมีความ เข้าใจถูกต้องบางส่วน (PU) มีจำนวนเพิ่มขึ้น นักเรียนที่มีแนวคิดในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) มีจำนวนลดลง ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้อง บางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ส่วนใหญ่มีจำนวนเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาจากการพัฒนา แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงในภาพรวม พบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนการเข้าใจแนวคิด เฉลี่ย 19.81 คะแนน และเมื่อผ่านการจัดการเรียนการสอนไปแล้ว พบว่านักเรียนมีคะแนนการเข้าใจ แนวคิดเฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 63.48 คะแนน คิดเป็น 69.00% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ (60%) สำหรับ คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า นักเรียนทั้งห้องมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 60.49% ซึ่งจัด อยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับสูง

จากผลการศึกษาที่พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดอยู่ในกลุ่มไม่มีความเข้าใจ แนวคิด (N) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้กับการวัดแนวคิดก่อนเรียน แต่ที่น่าสนใจคือ ในบางแนวคิด นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) คิดตัวมาก่อนเรียนเป็นจำนวนมาก ซึ่งได้แก่ แนวคิดเรื่อง สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และโฟโตเรส- ไพเรชัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประสบการณ์จากสิ่งที่พบในชีวิตประจำวัน ความเข้าใจคลาดเคลื่อน เกี่ยวกับแนวคิดพื้นฐานหรือความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ความสัมพันธ์ ระหว่างแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและการหายใจ หรืออาจเป็นเพราะระบบการศึกษาที่ให้นักเรียนเรียนเรื่องเดียวกันแต่มีความลุ่มลึกหรือความยากขึ้นในระดับสูง อาจทำให้นักเรียนมีความ เข้าใจคลาดเคลื่อนได้

หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่พัฒนาขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนการสอน รูปแบบนี้มีการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งหากพบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ในเรื่องใดผู้วิจัยจะได้วางแผนการจัดการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนให้เป็นแนวคิด

ที่ถูกต้องมากขึ้น มีการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม นักเรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติในการสำรวจค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมากกว่าการท่องจำ นอกจากนี้การได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น มีโอกาสได้รับคำชี้แจงหรือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นจากผู้อื่น ทั้งจากเพื่อนและครูในการอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์และการสื่อสารพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น ทำให้นักเรียนพัฒนาการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ช่วยพัฒนาความสามารถทางปัญญา โดยการเชื่อมโยงความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิมกับความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้จากการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

แนวคิดที่นักเรียนมีพัฒนาการมาก คือแนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ปฏิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และแนวคิดเรื่องปฏิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดนั้นๆ เช่น แนวคิดเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของคลอโรพลาสต์ที่ให้นักเรียนได้เห็นภาพจากของจริงหรือมีการสร้างแบบจำลองซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพของแนวคิดได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น การสาธิตการวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเปรียบเทียบระหว่างแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ทำให้นักเรียนตระหนักได้ว่าแนวคิดเดิมยังมีข้อบกพร่อง และแนวคิดใหม่มีความเป็นไปได้ สามารถเข้าใจได้ จึงเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นแนวคิดใหม่ที่ต้องมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ดี หลังจากเรียนไปแล้วยังพบว่านักเรียนมีพัฒนาการบางส่วนไม่เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้ กล่าวคือ มีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) เพิ่มขึ้น อีกทั้งในแนวคิดเรื่องปฏิริยาแสงและปฏิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ มีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เพิ่มขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจากการพิจารณาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนรายบุคคลพบว่า นักเรียนที่อยู่ในกลุ่มมีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) ที่เพิ่มขึ้นหลังเรียนนั้น ส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่มีพัฒนาการขึ้นมาจากนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีมีความเข้าใจแนวคิด (N) ส่วนในแนวคิดเรื่องปฏิริยาแสงและปฏิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีนักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) เพิ่มขึ้นนั้น พบว่านักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในขั้นปฏิริยาแสงและขั้นปฏิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะผู้วิจัยไม่ได้เน้นให้ความเชื่อมโยงระหว่างปฏิริยาทั้งสองมากนัก และเมื่อพิจารณาจากการพัฒนาในภาพรวมพบว่ายังมีนักเรียนส่วนหนึ่งที่มีการพัฒนาแนวคิดไม่ถึงเกณฑ์ที่ผู้วิจัย

วางไว้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะก่อนการจัดการเรียนการสอนนักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนมาก่อน ทำให้ไม่สามารถสร้างแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้งแนวคิดในเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงค่อนข้างเป็นนามธรรม ซึ่งอาจต้องใช้จินตนาการในการทำความเข้าใจ อาจทำให้นักเรียนเกิดจินตนาการที่ผิดไปจากความเป็นจริงได้ นอกจากนี้นักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะของแบบวัดที่เป็นรูปแบบอัตรายและข้อคำถามสองชั้น จึงอาจทำให้นักเรียนไม่มีทักษะในการเขียนอธิบายคำตอบ และรู้สึกท้อในการทำแบบวัดที่ต้องเขียนมาก

2. การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

การวิจัยในครั้งนี้ มีกรอบแนวคิดของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ศึกษา 8 ด้าน คือ ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และด้านความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์เนื้อหาจากแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จัดกลุ่มมุมมองและให้คะแนนตามระดับความสอดคล้องกับมุมมองตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับคือ มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ ให้ 3 คะแนน มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน ให้ 2 คะแนน มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ให้ 1 คะแนน และไม่สามารถจัดกลุ่มได้ให้ 0 คะแนน ส่วนเครื่องมือชนิดอื่นใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อช่วยยืนยันและอธิบายข้อมูลการพัฒนามุมมองของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดมุมมอง ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน และการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม โดยการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน หาค่าความถี่และคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนที่อยู่ในแต่ละกลุ่มมุมมองทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอน เปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนในแต่ละด้านที่ศึกษา ส่วนการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม ทำการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนกับเกณฑ์ 60% และพิจารณาระดับพัฒนาการจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่า

การพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน ก่อนการจัดการเรียนการสอน นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) ยกเว้นการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC) ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์และด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองอยู่ในกลุ่มที่มีมุมมองไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) แต่หลังการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน พบว่านักเรียนมีมุมมองในกลุ่มมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (IV) และมีมุมมองในระยะปรับเปลี่ยน (TV) มากขึ้น มุมมองในกลุ่มที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) และกลุ่มที่ไม่สามารถจัดกลุ่มได้ (NC) ลดลง แต่ด้านที่พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ยังมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ คือ ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเมื่อพิจารณาจากการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวมพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ย 15.77 คะแนน และเมื่อผ่านการจัดการเรียนการสอนไปแล้ว พบว่านักเรียนมีคะแนนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 20.48 คะแนน คิดเป็น 68.27% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ในการศึกษาครั้งนี้ (60%) สำหรับคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์พบว่า นักเรียนทั้งห้องมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย 33.09% ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง

จากผลการศึกษาที่พบว่า ก่อนเรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ (NV) ในด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ และด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้สำหรับด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในบริบทของผู้วิจัย สาเหตุอาจเนื่องมาจาก หนังสือเรียนวิชาชีววิทยาและการมีมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ของครู เนื่องจากหนังสือเรียนของนักเรียนยังมีข้อความบางส่วนที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ และผู้วิจัยเองก็มีมุมมองในลักษณะนั้นเช่นเดียวกัน ส่วนด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้น สาเหตุอาจมาจากการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนมักได้ทำการทดลองตามหนังสือเรียนที่มีขั้นตอนบอกไว้อาจทำให้นักเรียนมีมุมมองว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาจากการทดลองเท่านั้น ซึ่งเป็นมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน มีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียน หยิบยกประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มาอภิปราย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สะท้อนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติ

ของวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ผ่านกระบวนการคิดทบทวนเกี่ยวกับความเข้าใจหรือ มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้น นักเรียนมีโอกาสดำรงมือปฏิบัติการ ค้นคว้า สำรวจ ค้นหาและใช้กระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียน เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งเนื้อหาส่วนหนึ่งใน เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นเรื่องราวประวัติการค้นคว้าเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งสามารถบ่งชี้ให้เห็นถึงด้านต่างๆ ของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน เช่น ด้านการอิง หลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ของ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความเป็นพลวัตของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น อีกทั้งในการ อภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ มีการเชื่อมโยงการอภิปรายจาก ประเด็นหนึ่งสู่อีกประเด็นหนึ่งอย่างเหมาะสม จะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ด้านต่างๆ ควบคู่กันไป

ซึ่งด้านของธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่มีการพัฒนาชัดเจนได้แก่ ด้านมิติทางสังคมและ วัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ ด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์ และด้านการถูกเหนี่ยวนำโดย ทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะด้านมิติทางสังคมและวัฒนธรรมของ วิทยาศาสตร์เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนจึงเป็นด้านที่สามารถ ปรับเปลี่ยนมุมมองได้ไม่ยากนัก ส่วนด้านทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์อาจเป็นเพราะผู้วิจัยและ นักเรียนได้มีเวลาอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์นอกเวลาเรียน ทำให้นักเรียนมี พัฒนาการด้านนี้ได้มาก สำหรับด้านการถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีการ พัฒนามากขึ้นอาจเป็นเพราะกิจกรรมที่ใช้ในการเรียนการสอนที่ทำให้ให้นักเรียนเห็นว่าความรู้และ ประสบการณ์ของเดิมที่ต่างกันของนักวิทยาศาสตร์มีผลต่อการ ได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ต่างกันได้

สำหรับด้านที่นักเรียนมีพัฒนาการน้อยคือ ด้านมายาคติของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยมีโอกาสนในการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนี้เพียง 2 ครั้ง ซึ่งอาจทำให้นักเรียนยังมองไม่เห็นความเป็นกระบวนการ การจัดกระทำตัวแปร การศึกษาความสัมพันธ์เชิง เหตุผลของการทดลอง และความหลากหลายของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ควรให้นักเรียนได้ทำ กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การสำรวจ การค้นคว้า การคำนวณ เป็นต้น จากนั้นจึงให้นักเรียน สะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ น่าจะทำให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ด้านนี้ได้มากขึ้น

แต่อย่างไรก็ดี ถึงแม้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอน
 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจะสามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น
 ในทุกด้านที่ศึกษา แต่เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่มีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้อง
 กับมติประชาคมวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์นั้นยังมีจำนวนไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะใน 1 คาบ
 ครุมีธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่จะบ่งชี้หลายด้าน อีกทั้งใช้เวลาทำกิจกรรมที่สอนเนื้อหา
 ค่อนข้างมาก ทำให้ไม่สามารถอภิปรายด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ทุกด้านได้อย่างลึกซึ้ง จึงควร
 กระชับเวลาในการทำกิจกรรมและให้เวลาสำหรับการอภิปรายและสะท้อนความเข้าใจธรรมชาติ
 ของวิทยาศาสตร์มากขึ้น สำหรับในการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในภาพรวม พบว่า
 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์
 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ และมีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยจัดอยู่ในเกณฑ์การพัฒนาระดับกลาง ซึ่งผู้วิจัย
 ถือว่านักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับที่ผู้วิจัยพึงพอใจ เนื่องจากมุมมองของแต่ละคน เป็นความเชื่อ
 ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งยากที่จะเปลี่ยนแปลง ต้องอาศัยเวลาในการพัฒนา ซึ่งระยะเวลาที่
 ผู้วิจัยใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ (16 คาบ) อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้นักเรียนเปลี่ยนมุมมองได้มากนัก
 อีกทั้งนักเรียนอาจไม่คุ้นเคยกับลักษณะการสอนแบบสืบเสาะและการสอนที่มีการอภิปรายประเด็น
 เกี่ยวกับความเป็นวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง ซึ่งการสอนครั้งนี้ถือเป็นครั้งแรกที่นักเรียนได้เรียน
 รูปแบบนี้ นอกจากนี้ครูควรทำความเข้าใจกับนักเรียนตั้งแต่ต้นว่า มีลักษณะธรรมชาติของ
 วิทยาศาสตร์ด้านใดที่จะต้องเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความตระหนักว่าการทำความเข้าใจธรรมชาติของ
 วิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญและควรให้ความสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์

3. การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง ที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาและพัฒนากิจการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอน
 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งที่ส่งเสริมการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและ
 มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ พบว่ามีแนวทางในการจัดการเรียนการสอนจากการปฏิบัติที่ดี
 (Best Practice) รวมถึงคุณลักษณะของครูที่สอนตามแนวทางดังกล่าว สรุปได้ดังต่อไปนี้

แนวทางในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งจากการปฏิบัติที่ดี

ก่อนการจัดการเรียนการสอน ครูควรดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าข้อมูล ครูต้องศึกษากรอบเนื้อหาที่จะสอนซึ่งในที่นี้คือเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง กิจกรรมหรือการทดลองต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สามารถนำมาปรับใช้ในห้องเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยจะต้องทำการทดสอบเบื้องต้นก่อนว่าสามารถนำมาใช้จริงในห้องเรียนได้ ศึกษาข้อมูลด้านประวัติศาสตร์การศึกษา เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักวิทยาศาสตร์ท่านต่างๆ และข้อมูลด้านธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ที่สามารถบูรณาการเข้าไปในการจัดการเรียนการสอน

2. การออกแบบการจัดการเรียนการสอน ต้องออกแบบการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียน มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และจากเนื้อหาที่สอน และกิจกรรมที่ใช้ ให้ครูมองหาโอกาสในการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และกำหนดด้านธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์เป้าหมายเป็นหนึ่งในผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แต่อย่างไรก็ดี ในการสอนแต่ละครั้ง ไม่ควรกำหนดด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายมากเกินไป เพราะอาจทำให้ไม่สามารถ อภิปรายได้ครบทุกด้านและมีเวลาไม่เพียงพอที่จะอภิปรายแต่ละด้านได้อย่างลึกซึ้ง

การจัดการเรียนการสอน มีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. การสร้างความสนใจ และให้นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ครูควรมีการใช้สื่อการสอนหรือสถานการณ์ช่วยในการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนเพื่อให้เกิด คำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งพบว่าหากสถานการณ์ที่ใช้มีความท้าทายความสามารถของนักเรียน นักเรียนจะมีความสนใจและให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมมาก

2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การให้นักเรียนได้เป็นผู้ลงมือปฏิบัติในการหาหลักฐานเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่นักเรียน ได้มีโอกาสหาหลักฐานจากของจริงหรือได้ทดลองจริงจะสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนแนวคิดที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมที่ทำการทดลองหรือลงมือปฏิบัติจากของจริงไม่ได้ พบว่าหากให้นักเรียนสืบค้นจากใบความรู้อย่างเดียวนักเรียนอาจทำให้ไม่น่าสนใจมากนัก ควรมี

สถานการณ์ที่มาดึงดูดความสนใจของนักเรียน จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมมากขึ้น นอกจากนี้ในการทำกิจกรรมครูต้องควบคุมเวลาอย่างเหมาะสม ซึ่งครูอาจใช้เทคนิคต่างๆ เช่น ใช้การแข่งขัน เพื่อให้นักเรียนทำงานในเวลาอันจำกัดได้เร็วขึ้น หรือมีของรางวัล อาทิ สแตมป์สะสมแต้มเพื่อกระตุ้นการทำกิจกรรมของนักเรียน เป็นต้น

3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ การให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มมีส่วนช่วยในการสร้างคำอธิบายจากหลักฐานของนักเรียน โดยใน 1 กลุ่ม มีทั้งเด็กเก่ง ปานกลางและอ่อนอยู่ด้วยกัน ซึ่งในช่วงแรกของการสอนรูปแบบนี้อาจพบว่านักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายจากหลักฐานได้ด้วยตัวเอง ครูอาจต้องใช้คำถามสืบเสาะเพื่อช่วยกระตุ้นการคิดและลำดับความคิดของนักเรียน อีกทั้งอาจต้องมีรางวัล เช่น สแตมป์สะสมแต้ม เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมในกิจกรรมและการตอบคำถามของครูในชั้นเรียน

4. นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยส่วนใหญ่ผู้วิจัยจะให้นักเรียนประเมินคำอธิบายโดยเปรียบเทียบกับใบความรู้ แล้วหลังจากนั้นผู้วิจัยจะใช้คำถามสืบเสาะเพื่อช่วยเชื่อมโยงคำอธิบายของนักเรียนไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้อุปกรณ์ในการปรับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์อีกด้วย

5. นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น เพื่อเป็นการสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งในการสื่อสารของนักเรียนนั้นอาจทำในรูปแบบการสื่อสารอย่างไม่เป็นทางการเพื่อกระชับเวลาในการทำกิจกรรม ให้เหมาะสมกับเวลาที่มีในการเรียนในห้องเรียนจริง

6. ครูบ่งชี้และอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ โดยเฉพาะในขณะที่นักเรียนหาหลักฐานและสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ ครูอาจใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นและเรียนรู้ลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้านนั้นๆ ผ่านการคิดของตนเองและการอภิปรายร่วมกับครู โดยครูควรใช้เวลาหลังจากที่นักเรียนได้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดที่ได้เรียนรู้เรียบร้อยแล้ว บ่งชี้และอภิปรายเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยควรทำให้นักเรียนได้ทราบว่ากำลังจะอภิปรายประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน

7. การสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยผ่านทางการถามตอบในชั้นเรียน หรืออนุทินของนักเรียน โดยในการสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนนั้น หากนักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ครูอาจต้องมีการเสริมแรงด้วยของรางวัล เช่น แสตมป์สะสม แต้ม เพื่อเป็นแรงจูงใจในการแสดงออกมากขึ้น นอกจากนี้การสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน ผ่านอนุทิน จะทำให้ครูเข้าใจการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดียิ่งขึ้น โดยพบว่าหากครูให้ความสำคัญกับการอ่านและให้ข้อมูลย้อนกลับไปในอนุทิน รวมทั้งนำข้อเสนอแนะต่างๆ ของนักเรียนมาปรับปรุง การสอน นักเรียนจะให้ความสำคัญกับการเขียนอนุทินมากขึ้น

คุณลักษณะของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอน ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจน

1. เป็นผู้แสวงหาความรู้อยู่เสมอ ทั้งด้านเนื้อหา วิธีการสอน หรือการทดลองใหม่ๆ ที่สามารถนำมาปรับใช้กับนักเรียนในบริบทของตนเอง
2. เป็นผู้แม่นยำในเนื้อหา เพื่อนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมที่จะทำให้นักเรียนเกิดแนวคิด ที่ถูกต้อง อีกทั้งครูจะต้องมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง จึงสามารถหาโอกาสบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม
3. เป็นผู้ศึกษาประวัติศาสตร์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ครูควรหาโอกาสในการศึกษา ประวัติศาสตร์เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จะสอนและนำมาถ่ายทอดให้นักเรียนได้เรียนรู้ จะช่วยส่งเสริมการเข้าใจเนื้อหา และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีขึ้น
4. เป็นผู้มีตรรกะที่ดี ครูควรต้องเป็นคนมีเหตุผล เพื่อเป็นตัวอย่างในการแสดงความคิด และการกระทำที่มีเหตุผลแก่นักเรียน อีกทั้งในการจัดการเรียนการสอน ออกแบบกิจกรรมต่างๆ ที่ จัดให้นักเรียนปฏิบัติจะต้องทำไปอย่างมีจุดหมายและมีเหตุผลที่เหมาะสม
5. เป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน ครูต้องใช้ ความคิดสร้างสรรค์ค่อนข้างมาก รวมทั้งการหาวิธีการบูรณาการธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไป ในการสอนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์มากเช่นกัน

6. เป็นผู้ที่มีความสามารถในการจัดการชั้นเรียน ครูอาจมีเทคนิคที่นำมาใช้ในการจัดการชั้นเรียน เช่น การเสริมแรง การสร้างข้อตกลงในการปฏิบัติร่วมกัน เป็นต้น นอกจากนี้ครูควรต้องมีปฏิภาณไหวพริบดี และควรเตรียมความพร้อมในการรับมือสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้ในชั้นเรียนอย่างรอบด้าน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1. ครูควรวิเคราะห์แนวคิดที่จะสอนว่านักเรียนมีความจำเป็นต้องมีแนวคิดพื้นฐานเรื่องใดบ้าง และมีการสำรวจความเข้าใจแนวคิดพื้นฐานเหล่านี้ก่อนเรียน เพื่อนำมาช่วยในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนและทบทวนแนวคิดเหล่านี้ก่อนเรียน สำหรับเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงเนื่องจากแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นแนวคิดเชิงซ้อน ที่ประกอบด้วยแนวคิดย่อยๆ หลายแนวคิด จึงจะสามารถเข้าใจแนวคิดเรื่องนี้ได้ ซึ่งก่อนเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง นักเรียนควรมีความรู้พื้นฐานเรื่อง โครงสร้างใบ เซลล์และการลำเลียงสารผ่านเซลล์ แสงสีและการมองเห็น พลังงานและระดับพลังงาน โครงสร้างอะตอม ปฏิกริยาเคมีภายในเซลล์ (ปฏิกริยารีดอกซ์) และการหายใจระดับเซลล์ เป็นต้น ทั้งนี้ในการจัดการเรียนการสอนครั้งนี้พบว่านักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ไม่เพียงพอจะเป็นอุปสรรคต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ในชั้นเรียนและการเรียนรู้แนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน ยกตัวอย่างเช่น กิจกรรมสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่ใช้โครมาโทกราฟีกระดาษเพื่อแยกสารสีที่พบในใบไม้ ซึ่งการที่จะบอกได้ว่าสารสีชนิดนั้นเป็นสารใด ทำได้โดยการเปรียบเทียบค่า R_f ที่ได้จากการศึกษากับสารสีที่ทราบค่า R_f แน่แน่นอนแล้ว แต่อุปสรรคในการทำกิจกรรมครั้งนี้คือ นักเรียนไม่ทราบว่าค่า R_f คืออะไร ครูจึงต้องใช้เวลาในการทบทวนเรื่องนี้ทำให้เวลาในการทำกิจกรรมทำได้ไม่เต็มที่ตามที่วางแผนไว้

2. ครูควรกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมต่างๆ ให้ชัดเจนและคอยควบคุมเวลาให้เป็นไปอย่างเหมาะสม เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ต้องใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ค่อนข้างเยอะ อีกทั้งการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนต้องใช้เวลาในการอภิปรายและให้นักเรียนสะท้อนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการควบคุมเวลาก่อนข้างสำคัญมากในการสอนรูปแบบนี้ อย่างไรก็ตามการออกแบบกิจกรรมและการกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายในการสอนแต่ละครั้งควรให้มีความเหมาะสมกับเวลา

ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนด้วย ซึ่งครูไม่ควรกำหนดประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เป้าหมายในการสอนแต่ละคาบมากเกินไปเพราะจะทำให้มีเวลาในการอภิปรายด้านธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป้าหมายได้ไม่ลึกซึ้งมากนัก

3. ครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ทุกวิชา ทุกระดับชั้นควรให้ความสำคัญกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในการสอนเนื้อหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งอาจไม่สามารถสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ครบทุกด้าน ยกตัวอย่างเช่น ในการสอนครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถสอดแทรกด้านกฎและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เข้าไปในเนื้อหาได้ เนื้อหาที่อาจสอดแทรกด้านนี้ได้ เช่น การสอนเรื่องของแข็ง ของเหลว ก๊าซ โดยยกตัวอย่างกฎของบอยล์และทฤษฎีจลน์ของก๊าซ เป็นต้น อีกทั้งการปลูกฝังลักษณะความเป็นวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาดังนั้นหากนักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องน่าจะทำให้นักเรียนมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์มากขึ้น

4. ครูผู้สอน สถาบันผลิตครู และสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ ควรให้ความสำคัญกับการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์อย่างที่วิทยาศาสตร์เป็น เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งที่ผ่านมาพบว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้พยายามส่งเสริมการสอนรูปแบบดังกล่าวมาเป็นเวลานาน แต่มีครูผู้สอนในโรงเรียนจำนวนไม่มากนักนำการสอนดังกล่าวมาใช้ในการสอนจริง ทั้งนี้ปัญหาส่วนหนึ่งมาจากครูไม่มีทักษะในการออกแบบและจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าว จึงควรจะมีการให้ความรู้และฝึกอบรมการจัดการเรียนการสอนรูปแบบดังกล่าวกับครูเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

5. ผู้บริหารและนักนโยบายการศึกษาควรให้ความสำคัญกับหน้าที่หลักในการจัดการเรียนการสอนของครู ทั้งนี้ปัญหาที่พบว่าเป็นอุปสรรคสำคัญในการจัดการเรียนการสอนของครูคือ ครูมีภาระงานในการทำงานของโรงเรียนมาก มีเวลาในการเตรียมการสอนน้อยลง ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นครูต้องใช้เวลาในการเตรียมสอนเป็นอย่างมาก และควรมีเวลาในการสะท้อนผลการสอนของตนเองเพื่อพัฒนาการสอนให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่พบว่านักเรียนในกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน (PS) มีจำนวนมากขึ้น และจากการติดตามการพัฒนาของนักเรียนรายคนพบว่าส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่มีพัฒนาการขึ้นมาจากนักเรียนกลุ่มที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (SM) และไม่มีความเข้าใจแนวคิด (N) ซึ่งเป็นที่น่าสนใจและน่าจะมีการศึกษาต่อว่ามีปัจจัยหรือสาเหตุใดที่ทำให้การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนในสองกลุ่มนี้พัฒนาไปไม่ถึงกลุ่มที่มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์ ซึ่งหากทราบถึงปัจจัยหรือสาเหตุดังกล่าว จะได้นำมาแก้ไขเพื่อพัฒนาการเข้าใจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนให้มีความเข้าใจที่ถูกต้องสมบูรณ์ต่อไป

2. จากผลการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาจากคะแนนพัฒนาการของนักเรียนรายคนจะเห็นได้ว่านักเรียนยังมีพัฒนาการที่ไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระยะเวลาในการสอนประเด็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในครั้งนี้อาจยังไม่นานพอที่จะทำให้ นักเรียนเปลี่ยนมุมมองได้ ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีมุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์ได้นั้นควรใช้ระยะเวลาเท่าใด

3. จากการสะท้อนการสอนของครูและความคิดเห็นต่อกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน จากอนุทินของนักเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ชอบลักษณะของกิจกรรมในการจัดการเรียนการสอน และคิดว่ากิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเองช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น แต่ยังไม่มีการให้ความเห็นเกี่ยวกับการสอนในลักษณะที่มีการสอดแทรกธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียนว่านักเรียนชอบหรือไม่ชอบ อย่างไร และคิดว่ามีประโยชน์ต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหรือไม่อย่างไร จึงเป็นที่น่าสนใจว่า น่าจะมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนว่ามีผลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (attitudes toward sciences) ของนักเรียนอย่างไร

4. จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนแต่ละคนจะมีพัฒนาการอยู่ในระดับต่างๆ กัน ซึ่งเป็นที่น่าสนใจว่า นักเรียนที่มีผลการเรียนแตกต่างกัน (เด็กเก่ง ปานกลาง อ่อน) จะมีพัฒนาการ

ด้านแนวคิด และมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร และการเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และการมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้น มีกระบวนการพัฒนาที่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเหตุผลหรือไม่ อย่างไร เด็กที่มีความเข้าใจแนวคิดถูกต้องจะมีมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2532. รายงานการศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดในบทเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง. กรุงเทพมหานคร: สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

_____. 2551. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 92-131.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. 2545. คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและวัสดุภัณฑ์.

กาญจนา ธรรมมา. 2546. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เรื่องความเท่ากันทุกประการ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กาญจนา มหาลี. 2553. การพัฒนาความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการสอนแบบชัดเจนร่วมกับการสะท้อนความคิด. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แก้วตา ไทรงาม. 2553. คุณลักษณะการสอนที่เป็นเลิศ (Online).
<http://www.moe.go.th/wijai/teaching.htm>, 20 มีนาคม 2555.

ขจรศักดิ์ บัวระพันธ์. 2550. “ความคิดเห็นของนิสิตสาขาการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการเขียนอนุทิน.” วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม) 28: 43-57.

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คชานน สุวรรณพันธ์. 2543. โครงสร้างการเปลี่ยนมโนทัศน์ เรื่อง ระบบนิเวศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิคผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา สาขา การสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จริยา สุจารีกุล. 2551. *Science as Inquiry* วิทยาศาสตร์คือ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์. แปลจาก J. Hassard. 2000. *Science as Inquiry*. United States of America: Good Year Books.

จิตติมา คมหอม. 2553. ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชื่นจิต แสนสุต. 2553. การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไทรรัตน์ รัตนเดช. 2551. การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525. *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตภัณฑวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.

ทวีเดช แสนชนม์. 2540. แนวคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติวีวิทยา: การหายใจและการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทิสนา แยมมณี. 2552. *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศนา แหมมณี และ สร้อยสน สกลรักษ์. 2540. **แบบแผนและเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา**.
กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นันทรัตน์ พึ่งแพง, สมาน แก้วไวฑูรย์ และ วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2549. “การสำรวจแนวคิด
พื้นฐานเกี่ยวกับชีววิทยาของนิสิตและนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู.” **วารสาร
ครูศาสตร์** 34 (3): 95-111.

นอร์ ไชยพรพัฒนา. 2549. **การเปรียบเทียบคุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการโดยใช้โมเดล
โค้งพัฒนาการที่มีตัวแปรแฝงเป็นเกณฑ์: การศึกษาแบบมอนติคาร์โล**.
วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นุชนารถ ลิมาภิรักษ์. 2543. **แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา: การหายใจ การหายใจและ
การสังเคราะห์ด้วยแสง และการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักศึกษาครูชีววิทยาในสถาบัน
ราชภัฏนครราชสีมา และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

บุญใจ ศรีสถิตยัณรากร. 2547. **ระเบียบวิธีการวิจัยทางพยาบาลศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพมหานคร: ยูแอนด์ไอ อินเตอร์มีเดีย.

ประดิษฐ์ เหล่าเนตร และ ณัฐภัสสร เหล่าเนตร. 2552. **สนุกคิดกับปริศนาวิทยาศาสตร์**.
กรุงเทพมหานคร: เป็นพับลิชชิง จำกัด.

ประภัทสร บุญทวีกุลสวัสดิ์. 2553. **การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลายเรื่อง การรับรู้และตอบสนอง โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์แบบ 5Es**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. 2553. **การจัดการเรียนการสอนที่ยืดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (Online)**.
<http://teacherkobwit2010.wordpress.com/inquiry-method/>, 23 มีนาคม 2554.

ปฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. 2551. “การจัดการเรียนรู้เพื่อเปลี่ยนแปลงแนวคิด.” วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 31 (1): 27-35.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2553. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. 2552. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (อึดสำเนา).

_____, พัฒน์ จันทร์โรทัย, กันทิมาณี พันธุ์วิเชียร และ วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2546. “การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู.” วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม) 24: 133-144.

พิกุล ตระกูลสม. 2552. การวิจัยปฏิบัติการพัฒนาดิจิทัลการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญวิชา วิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลงโดย รูปแบบชิปปา (CIPPA MODEL) ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียน ที โอ เอ วิทยา (เทศบาล 1 วัดคำสายทอง) อำเภอเมือง จังหวัด มุกดาหาร. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชายุทธศาสตร์การพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

พิชา ชัยจันดี. 2552. ความเข้าใจโมเดลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติและความสัมพันธ์ ระหว่างความเชื่อเกี่ยวกับแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนคติ. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และ เพียว ยินดีสุข. 2548. วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พูนศรี นิยมศาสตร์. 2547. การพัฒนาดิจิทัลการเรียนรู้การสอนเรื่องกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสงช่วงชั้นที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบชิปปาร่วมกับการใช้แผนผังมโนคติ. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภพ เลาห์ไพบูลย์. 2540. **แนวการสอนวิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

มุกดาวรรณ สังข์สุข. 2548. **การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้วิชา
เศรษฐศาสตร์ ของผู้เรียนช่วงชั้นที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระ
หลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.**

ราชบัณฑิตยสถาน. 2542. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (Online).**

<http://rirs3.royin.go.th/dictionary.asp>, 10 มีนาคม 2554.

วราณีย์ เพชรมณี. 2546. **การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา โดยใช้รูปแบบ
จิปป่า. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.**

วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2552. “ทฤษฎีที่มีต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนิสิตครูวิทยาศาสตร์และอาจารย์
ที่เลี้ยง.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม)** 30: 113-129.

วิทยา ใจวิถี. 2548. **เอกสารประกอบการวิจัยในชั้นเรียน (Online).** <http://www.nsdv.go.th/main/>,
22 สิงหาคม 2554.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). 2554. **รายงานผลการทดสอบระดับชาติ
ขั้นพื้นฐาน (O-NET) ช่วงชั้นที่ 4 (ม.6) ปีการศึกษา 2553 (Online).** <http://www.niets.or.th>,
14 พฤศจิกายน 2554.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2531. **25 ปี สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. กรุงเทพมหานคร: คอมมูดีไซร์แอนด์พริ้นท์.

_____. 2546. **การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร:
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. เอกสารสำหรับผู้รับการอบรมวิทยาศาสตร์ประถมศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน หลักสูตร 2.

_____. 2553. **คู่มือการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการเพิ่มพูนศักยภาพศึกษานิเทศก์และครูปฐมวัย**. สาขาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. และกระทรวงศึกษาธิการ. 2548. **หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สกสค. ลาฉพร้าว.

_____. และกระทรวงศึกษาธิการ. 2554. **หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: สกสค. ลาฉพร้าว.

สารสนเทศโรงเรียน. 2555. **จุดสารสารสนเทศ 2554 (Online)**. <http://www.is.horwang.ac.th/>, 19 กุมภาพันธ์ 2555.

สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ชูตาคม. 2547. “การศึกษาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม)** 25: 139-149.

_____, นฤมล ชูตาคม และ อรุณี อิงคากุล. 2548. “ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.” **วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม)** 26: 133-145.

สิริรัตน์ สุขทิมา. 2543. **แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนคติชีววิทยา: การหายใจ การหายใจและการสังเคราะห์ ด้วยแสง และการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนที่มีระดับความพร้อม ในการสอนวิทยาศาสตร์ต่างกัน**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุกัญญา ทองวัฒน์. 2545. การพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้น มัธยมศึกษา
ปีที่ 3 โดยใช้แนวคิดของรูปแบบการสอนเพื่อฝึกการสืบเสาะหาความรู้ และรูปแบบการ
สอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรางค์ จันทวานิช. 2553. วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์
แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 129-160.

สุวัฒน์ นิยมคำ. 2517. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพมหานคร: วัฒนา
พานิช.

สุวิมล ว่องวานิช. 2553. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 14. กรุงเทพมหานคร:
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ และ อรทัย มูลคำ. 2545. 21 วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.
กรุงเทพมหานคร: ภาพพิมพ์.

สุทธิดา จำรัส, นฤมล ชูตาคม และ พรทิพย์ ไชยโส. 2552. “ความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.” วารสารวิจัย มข. 14 (4): 360-
374.

สมบูรณ์ ศาลยาชีวิน. 2526. จิตวิทยาเพื่อการศึกษาผู้ใหญ่. คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: 267.

สมโภชน์ อเนกสุข. 2553. วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 4. ภาควิชาวิจัยและวัดผล
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา: 248.

โสภภาพรณ แสงศัพท์. 2538. มโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางฟิสิกส์ในวิชาแสงที่ได้จากการพิจารณา
คำตอบ อย่างเดียวกับวิธีพิจารณาทั้งคำตอบและเหตุผลของนักเรียนโปรแกรมวิทยา
ศาสตร์ในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มโรงเรียนที่ 5. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขา
การสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ศิริพัฒน์ กันทะวงศ์. 2551. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนโดยใช้ชีปปาโมเดลเพื่อปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและสถิติการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ. 2551. การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อวยพร เรืองตระกูล. 2544. การพัฒนาและวิเคราะห์คุณภาพของวิธีการวัดคะแนนพัฒนาการตามทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและทฤษฎีการตอบสนองข้อสอบ. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุทุมพร จามรمان. 2544. การวิจัยในชั้นเรียนและในโรงเรียนเพื่อพัฒนานักเรียน. กรุงเทพมหานคร: ฟีนี.
- Abd-El-Khalick, F., R. L. Bell and N. G. Lederman. 1998. "The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural natural." **Science Education** 82 (4): 417-436.
- _____. 2005. "Developing deeper understanding of nature of science: the impact of a philosophy of science course on preservice science teachers' views and instructional planning." **International Journal of Science Education** 27 (1): 15-42.
- _____, and N. G. Lederman. 2000. "Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature." **International Journal of Science Education** 22 (7): 665-701.
- Abraham, M. R, E. B. Grzybowski, J. W. Renner and E. A. Marek. 1992. "Understandings and Misunderstanding of English Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks." **Journal of Research in Science Teaching** 29: 105-120.

Akerson, V. L., F. Abd-El-Khalick and N. G. Lederman. 2000. "Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science."

Journal of Research in Science Teaching 37 (4): 295-371.

_____, C. A. Buzzelli and L. A. Donnelly. 2008. "Early Childhood Teachers' Views of Nature of Science: The Influence of Intellectual Levels, Cultural Values, and Explicit Reflective Teaching." **Journal of Research in Science Teaching** 45 (6): 748-770.

American Association for the Advancement of Science (AAAS). 2009. **Project 2061: Science for All Americans** (Online). <http://project2061.org>, November 11, 2010.

Anderson, C. W., T. S. Sheldon and J. Dubay. 1990. "The effects of instruction on college majors' conceptions of respiration and photosynthesis." **Journal of Research in Science Teaching** 27: 761-776.

Barker, M. 1985. **Teaching and learning about photosynthesis**. New Zealand: Centre for science and mathematics education research, University of Waikato.

Bell, R., N. G. Lederman and F. Abd-El-Khalick. 1998. "Comments and criticism: Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction - An Explicit Response to Palmquist and Finley." **Journal of Research in Science Teaching** 35 (9): 1057-1061.

Brancaleoni, L., O. D. Curtis, U. T. Hohenstein and M. C. Turrini. 2008. **Photosynthesis and Plant Respiration**. Italy: Biology and Evolution Department, University of Ferrara.

Brickhouse, N. W., Z. R. Dagher and W. J. Letts. 2000. "Diversity of Students' Views about Evidence, Theory, and the Interface Between Science and Religion in an Astronomy Course." **Journal of Research in Science Teaching** 37 (4): 340-362.

Bruning, R. H., Schraw and R. R. Ronning. 1999. **Cognitive Psychology and Instruction**. 3rd ed. New York: Prentice-hall, Inc.

Çepni, S., E. Tas and S. Köse. 2006. “The effects of computer-assisted material on students’ cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science.” **Computers and Education** 46 (2): 192-205.

Crowther, D. T., N. G. Lederman and J. S. Lederman. 2005. “Understanding the true meaning of nature of science.” **Science and Children** 43 (2): 50-52. อ้างใน ขวัญฤทัย เทียงจันทร์ทิพย์. 2553. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อ และความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

De-Cecco, J. W. 1968. **The Psychology of Learning and Instruction Education Psychology**. Englewood Cliffs. New Jersey: Practice-Hall, Inc.

Deshmukh, N. and V. M. Deshmukh. 2007. “A Study of Students’ Misconceptions in Biology at the Secondary School Level.” **International conference to review research in Science, Technology and Mathematics Education (Proceeding)** (Online). <http://www.hbcse.tifr.res.in/episteme/episteme-2/e-proceedings/deshmukh>, March 30, 2010.

Dewey, J. 1916. **Democracy and Education: an Introduction to the Philosophy of Education**. New York: MacMillan. อ้างใน ชื่นจิต แสนสุด. 2553. การพัฒนาแนวคิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Driver, R., A. Squires, P. Rushworth and V. W. Robinson. 1994. **Making sense of secondary science** (Online). www.eBookstore.tandf.co.uk, April 18, 2011.

- Fisher, K. M. 1985. "A Misconcept in Biology: Amino acid and translation." **Journal of Research in Science Teaching** 22 (1): 53-62.
- Flick, L. B. and N. G. Lederman. 2006. **Scientific Inquiry and Nature of Science**. Netherlands: Springer.
- Gwet, K., L. 2012. **Handbook of inter-rater Reliability** (Online).
http://www.agreestat.com/book_excerpts.html, March 18, 2012: 221.
- Haidar, A. H. 1997. "Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of the Conservation of Matter and Relate Concepts." **Journal of Research in Science Teaching** 34 (2): 181-197.
- _____, and M. R. Abraham. 1991. "A Comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (10): 919-938.
- Hand, B., and C. Keys. 1999. "Inquiry investigation: a new approach to laboratory reports." **The Science Teacher** 66 (4): 27-29.
- Haslam, F. and D. F. Treagust. 1987. "Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier multiple choice instrument." **Journal of Biological Education** 21 (3): 203-211.
- Ho-Wisniewski, E. 2008. **Pre-Post VNOS Results**. Technical memorandum imsa office of research and evolution. Illinois Mathematics and Science Academy (Online).
<https://www3.imsa.edu/system/files/VNOS+summary+112508.Pdf>, March 10, 2011.
- Johnston, A. T. and Southerland. 2002. **"Conceptual ecologies and their influence on the nature of science conceptions: More dazed and confused than ever."** New Orleans: National Association for Research in Science Teaching.

Kanjanawasee, S. 1989. **Alternative Strategies for Policy Analysis: An Assessment of School Effects on Students' Cognitive and Affective Mathematics Outcomes in Lower Secondary Schools in Thailand.** Doctoral Dissertation. Los Angeles: University of California. อ้างใน ศิริชัย กาญจนวาสี. 2552. **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม.** คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Khishfe, R. 2008. "The Development of Seventh Grader's Views of Nature of Science." **Journal of research in Science teaching** 45 (4): 470-496.

_____ and F. Abd-El-Khalick. 2002. Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. **Journal of research in Science Teaching** 39 (7): 551-578.

_____ and N. Lederman. 2006. "Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated." **Journal of research in science teaching** 43 (4): 395-418.

_____ and N. Lederman. 2007. "Relationship between Instructional Context and Views of Nature of Science." **International Journal of Science Education** 29 (8): 939-961.

Kijkuakul, S. 2006. **Case Studies of teaching and learning about photosynthesis in Thailand: an Innovative Approach.** Doctor of Philosophy (Science Education). Major Field: Science Education, Kasetsart University.

Köse, S. 2008. "Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method." **World Applied Sciences Journal** 3 (2): 283-293.

Lederman, N. G., F. Abd-El-Khalick, R. L. Bell and R. S. Schwartz. 2002. "Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science." **Journal of Research in Science Teaching** 39 (6): 497-521

- Liangkrilas, J. 2009. **Development of Level 4 Biology Students' Understanding of the Nature of Science in the Context of the Unit on Respiration: Explicit and Reflective Inquiry – based Approach.** Doctor of Philosophy (Science Education), Science Education Kasetsart University.
- Liu, X. 2001. "Synthesizing research on student conceptions in science." **International Journal of Science Education** 23 (1): 55-81.
- Lumpe, A. T. and J. R. Staver. 1995. "Peer Collaboration and Concept Development: Learning about Photosynthesis." **Journal of Research in Science Teaching** 32 (1): 71-98.
- McComas, W., M. 1996. "Ten myths of science: Reexamining what we think we know." **School Science & Mathematics** 96: 1-14.
- _____. 2000. **"The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies."** Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Martin, R., C. Sexton, T. Franklin and J. Gerlovich. 2005. **Teaching science for all children: Inquiry methods for constructing understanding.** 3rd edition. United state of America: Pearson: 179-219.
- Moss, D., E. Abrams, and J. Robb. 2001. "Examining student's conceptions of the nature of science." **International Journal of Science Education** 23 (8): 771-790. cited in Kijkuakul, S. 2006. **Case Studies of teaching and learning about photosynthesis in Thailand: an Innovative Approach.** Doctor of Philosophy (Science Education). Major Field: Science Education, Kasetsart University.
- National Research Council [NRC]. 2000. **Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning.** Washington, DC: National Academy Press.

Office of the National Education Commission (ONEC). 2002. **Education in Thailand 2002/2003**. Bangkok: Watana Panit Printing and Publishing Company Limited.

Ogunniyi, M.B. 1983. "Relative effects of a history/philosophy of science course on student teachers' performance on two models of science." **Research in Science & Technological Education** 1: 193-199. cited in Khishfe, R. and F. Abd-El-Khalick. 2002. "Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science." **Journal of research in Science Teaching** 39 (7): 551-578.

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

Posner, G. J., K. A. Strike, P. W. Hewson and W. A. Gertzog. 1982. "Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change." **Science Education** 66: 211-227.

Purves W. K., G. H. Orians and H. C. Heller. 1995. **Life: The Science of Biology**, 4th Edition. (Online). <http://access.mmhs.ca/docs/Science/MMHS%20Web%20folder/Kamla/20102008.htm>, April 25, 2011.

Ray, A. M. and P. M. Beardsley. 2008. "Overcoming Student Misconceptions about Photosynthesis: A Model-and Inquiry-Based Approach Using Aquatic Plants." **Heldref Publications** 45 (1): 13-22.

Reece, J. B. *et al.* 2011. **Campbell Biology**. 9th edition. California, United States of America: Pearson Education. 232.

Ross, P., D. Tronson and R. J. Ritchie. 2005. Modelling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. **Journal of Biological Education** 40 (1): 84-88.

- Sachadecha, P. 2009. **Alternative conceptions in photosynthesis of secondary students in an international school.** M.Sc. Science and Technology Education, Mahidol University.
- Scharmann, L. C., M. U. Smith, M. C. James and M. Jensen. 2005. "Explicit Reflective nature of Science Instruction: Evolution, Intelligent Design, and Umbrellaology." **Journal of Science Teacher Education** 16: 27-41.
- Schwartz, R. S., N. G. Lederman, R. Khishfe, J. S. Lederman, L. Matthews and S. Y. Liu. 2002. "Explicit/Reflective instructional attention to nature of science and scientific inquiry: impact on student learning." **The Annual International Conference of the Association for the Education of teachers in Science.** Document Resume: 1-22.
- _____, N. G. Lederman and B.A. Crawford. 2004. "Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry." **Science Teacher Education** 88 (4): 610-645.
- Schwab, J. J. 1962. **The teaching of science as enquiry.** The Teaching of Science Cambridge, MA: Harvard University Press: 1-103. cited in Schwartz, R. S., N. G. Lederman and B.A. Crawford. 2004. "Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry." **Science Teacher Education** 88 (4): 610-645.
- Simpson, W. D. and E. A. Marek. 1988. "Understanding and Misconception of Biology Concepts Held by Students Attending Small High Schools and Students Attending Large High school." **Journal of Research in Science Teaching** 25: 361-374.
- Tekkaya C., O. Ozkan and S. Sungur. 2001. "Biology concepts perceived as difficult by Turkish high school students." **Hacettepe Universitesi Egitim Fakultesi Dergisi** 21: 145-150.
- Tsai, C. C. and C. Chou. 2002. "Diagnosing students' alternative conception in science". **Journal of Computer Assisted Learning.** 18: 157-165.

Wandersee, J. 1985. "Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions?" **Journal of Research in Science Teaching** 23 (7): 581-597.

Westbrook, S. L. and E. A. Marek. 1992. "A Cross-Age Study of Student Understanding of the Concept of Homeostasis." **Journal of Research in Science Teaching** 29 (1): 51-61.





ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
และหนังสือราชการ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ดร.ชาตรี ฝ้ายคำดา	อาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.เอกรัตน์ ศรีติญญ	อาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.จิระวรรณ เกษสิงห์	อาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดร.สมาน แก้วไวยุทธ	อาจารย์ ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร.มาลี ณ นคร	อาจารย์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ฝนแก้ว แม้นสกุล	อาจารย์ โรงเรียนหอวัง

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๘/๗๗๖



คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๕๐ ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

๑๓ มิถุนายน ๒๕๕๔

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหอวัง

เนื่องด้วย นางสาวอังคณา ปัทมพงศา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์

ซึ่งในการวิจัยนี้จำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์และแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนำหน่วยการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นจากข้อมูลข้างต้นไปใช้และประเมินผล เพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง และมีมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์ต่อไป เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านอนุญาตให้สถิติดำเนินการดังต่อไปนี้

๑. ทดลองใช้เครื่องมือวิจัยกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ จำนวน ๒๐ คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ จำนวน ๒๐ คน

๒. เก็บข้อมูลวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ จำนวน ๑ ห้อง

๓. ปฏิบัติการสอนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ในรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ จำนวน ๒ ห้อง ระยะเวลาหลังกลางภาคของภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๕๔

สำหรับรายละเอียดห้องเรียนที่ขอความร่วมมือจะติดต่อกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในลำดับถัดไป

- ๒ -

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ



(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร ๐๒-๕๗๙-๗๑๑๔ ต่อ ๑๘๒๓



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๑/๓๐๑.๖๓

วันที่ ๓๑ พฤษภาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขออนุมัติเป็นผู้อยู่ตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แบบวัดมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (ฉบับภาษาไทย)

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศ์ และ นางสาวขวัญหญิง ทิพแก้ว นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ “มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา และมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต ๒” ภายใต้การดูแลของกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ตามลำดับ

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลเอกสารและความเหมาะสมของภาษา ของแบบวัดมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (VNOS-C) เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจเครื่องมือวิจัยของนิสิต และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๑/กศ.๖๔

วันที่ ๓๖ พฤษภาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.เอกรัตน์ ศรีตัญญู

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แบบวัดมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (ฉบับภาษาไทย)

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศา และ นางสาวขวัญหญิง ทิพแก้ว นิสิตปริญญาโท สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำ วิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ “มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ ประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษาในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา และ มัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร เขต ๒” ภายใต้การดูแลของกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ตามลำดับ

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลเอกสารและความ เหมาะสมของภาษา ของแบบวัดมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ (VNOS-C) เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้เป็น แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิต พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และการวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจเครื่องมือวิจัยของนิสิต และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๑/ กอ ๖๕

วันที่ ๑๓ มิถุนายน ๒๕๕๔

เรื่อง ขออนุมัติคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ดร.จิระวรรณ เกษสิงห์

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของ ภาษาของแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงใคร่ขออนุมัติคราะห์จากท่าน ตรวจเครื่องมือวิจัยของนิสิต และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๑/๔๐๗

วันที่ ๑๓ มิถุนายน ๒๕๕๔

เรื่อง ขออนุมัติโครงการเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผศ.ดร.สมาน แก้วไวยุทธ

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของ ภาษาของแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน ตรวจเครื่องมือวิจัยของนิสิต และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๑/๕๐๙

วันที่ ๑๗ มิถุนายน ๒๕๕๔

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รศ.ดร.มาลี ณ นคร

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและความเหมาะสมของ ภาษาของแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในเนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน ตรวจเครื่องมือวิจัยของนิสิต และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รศ.ดร.พรทิพย์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙/๑๐๑๒

คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๕๐ ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

๒๗ กรกฎาคม ๒๕๕๔

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนหอวัง

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แผนการจัดการเรียนรู้ระยะยาว

๒. แผนการจัดการเรียนรู้รายคาบ

๓. แบบตรวจทานหน่วยการจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ด้วยนางสาวอังคณา ปัทมพงศา นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง
“การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอน
ปลาย” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ
รศ.ดร.ศรีสม สุวรรณวงศ์ ในการนี้จึงต้องออกแบบและนำหน่วยการจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วย
แสง ตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะและการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้ไปใช้

เพื่อให้หน่วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีคุณภาพ คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่า อาจารย์ผ่นแก้ว แม้นสกุล อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียน
หอวัง เป็นผู้มีความรู้ความสามารถ ในเนื้อหาและประสบการณ์สอนวิชาชีววิทยา จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์
จากท่านแต่งตั้งให้เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบคุณภาพของหน่วยการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รศ.ดร.พริทธิ์ ไชยโส)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

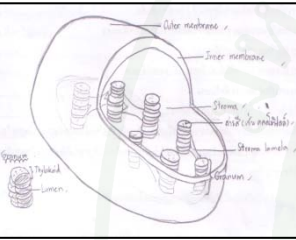
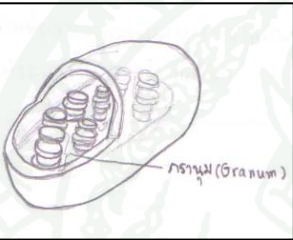
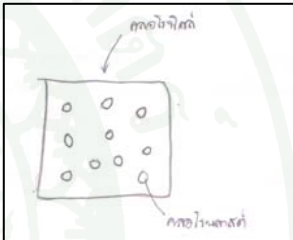
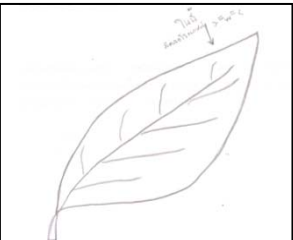
โทร ๐๒-๕๗๙-๗๑๑๔ ต่อ ๑๘๒๓



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง
และตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 รายละเอียดตัวอย่างคำตอบของนักเรียนในแต่ละแนวคิด

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
1. คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง 1.1 โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ (ข้อ 1)					
	(PB24)	(PA24)	(PA46)	(PA37)	(PA14)
1.2 หน้าที่ของคลอโรพลาสต์ (ข้อ 1)	thylakoid จะมีคลอโรฟิลล์ อยู่ เป็นที่ที่เกิด Light Reaction ส่วน Stroma เป็น ที่ที่เกิด CO ₂ fixation เพื่อ สร้างน้ำตาล (PB27)	กรานุม ในกรานุมมี คลอโรฟิลล์ คลอโรฟิลล์ เป็นสิ่งที่พืชใช้ในการ สังเคราะห์ด้วยแสง (PA22)	เกิด Light Reaction (การ ถ่ายทอดอิเล็กตรอน) ร่วมกับ Stoma เกิดใน Thylakoid membrane (PB14)	...พืชต้องอาศัยคลอโรฟิลล์ ในการสังเคราะห์ด้วยแสง... และในคลอโรฟิลล์ก็จะมี คลอโรพลาสต์ (PA37)	คลอโรพลาสต์เพราะมี หน้าที่สังเคราะห์แสง (PA19)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
1.3 สารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง (ข้อ 4)	ช่วยดูดกลืนแสง (PB01)	คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุสีเขียว ทำให้พืชสามารถนำแสงไปสร้างอาหารได้ (PA01)	ช่วยดูดซับแสงและตรึง CO ₂ (PA16)	คลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุชนิดหนึ่ง ช่วยในการสังเคราะห์แสง พอโดนแสงแล้วจะเปลี่ยนตัวเองไปเป็นอาหารของพืช (PA21)	ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA17)
(ข้อ 7)	ก., ข, ค, ง., ฉ., ช., ญ. เพราะสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีรงควัตถุพวก chlorophyll, carotenoid, phycobilin ที่เกี่ยวข้องกับการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (PB40)	ง., ญ., ข., ฉ., ค. เพราะมีสารสีต่างๆ ที่สามารถทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เช่น คลอโรฟิลล์ แคโรทีน เป็นต้น (PB20)	ข., ง., ช., ฉ., ญ. เพราะมีส่วนที่เป็นสีเขียวจึงสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (PA07)	-	ง. เพราะโดนแสงแดด
(ข้อ 8)	ค. เพราะการที่พืชมีสีส้มหรือสีแดง นั่นคือสารต่างๆ เช่น แคโรทีนอยด์ ซึ่งจะช่วยในการดูดกลืนพลังงานแสง	ค. เพราะในฤดูใบไม้ร่วงจะมีคลอโรฟิลล์อยู่ในใบน้อย แต่มีพวกแคโรทีนอยู่ ทำให้ไม่ค่อยมีสีเขียวและการ	ค. เพราะการสังเคราะห์ด้วยแสงมีประสิทธิภาพเปลี่ยนไปจากการเปลี่ยนสีคลอโรฟิลล์ (PA12)	ก. เพราะไม่มีส่วนที่เป็นคลอโรฟิลล์จึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ (PA17)	ก. เพราะถ้าสังเคราะห์แสงไม่ได้เลย ก็จะไม่มีการคายน้ำ ก็จะสังเคราะห์ด้วยแสงได้แต่น้อยหน่อย (PA29)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
	แทนคลอโรฟิลล์ แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าคลอโรฟิลล์ (PB08)	สังเคราะห์ด้วยแสงก็น้อยลงตามจำนวนของคลอโรฟิลล์ (PB21)			
(ข้อ 9)	ก. เพราะพืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีในแสงสีน้ำเงินและสีแดง แต่สีเขียวจะเกิดการสะท้อนกลับหมด สารสีต่างๆ ดูคลิ่นได้น้อย(PB47)	ก. แสงสีที่เหมาะสมแก่การสังเคราะห์ด้วยแสงคือแสงสีแดง(PB25)	ง. เพราะพืชรับแสงสีเขียวได้ไม่ค่อยดี (PA39)	ค. พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติ เพราะยังได้รับแสง ซึ่งแสงสีไม่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA13)	จ. เพราะ มีแสงที่เป็นสีเขียวแล้วคือลำต้นและใบ (PA11)
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ข้อ 2.1)	การสังเคราะห์ด้วยแสง คือ กระบวนการที่พืชนำพลังงานแสงมาเก็บไว้ในรูปพลังงานเคมี โดยการสร้างสารอินทรีย์จำพวกคาร์โบไฮเดรต โดยมี CO_2 และ H_2O เป็นวัตถุดิบ (PB24)	กระบวนการเปลี่ยนพลังงานแสงมาเป็นพลังงานเคมีประเภทคาร์โบไฮเดรต (PB27) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$	คือกระบวนการสร้างอาหารและหายใจของพืช โดยมีคลอโรฟิลล์ สมการคือ (PA23) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{H}_2\text{O}$	การสังเคราะห์แสง ใช้คลอโรพลาสต์ซึ่งมีหน้าที่เปลี่ยนน้ำและออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นน้ำตาล (PA31)	คือการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชด้วยใบจากแสงแดด (PA18)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
	สมการ คือ $6\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสง}} \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$				
2.1 ปฏิกิริยาแสง (ข้อ 2.2)	Light reaction เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานเคมีโดยการถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรจะมีการแตกตัวของน้ำได้ ออกซิเจน ATP และ NADPH ส่วนแบบเป็นวัฏจักรได้ ATP ซึ่ง ATP และ NADPH จะถูกนำไปใช้ในขั้น CO₂ fixation ต่อไป (PB20)	H₂O จะเกิดการแตกตัว (Photolysis) แล้วได้ e⁻ และ O₂ เป็นผลพลอยได้ (PB08)	กระบวนการ Light reaction มีการใช้แสง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ATP, O₂ และ H₂O (PB38)	CO₂ ทำปฏิกิริยากับน้ำ แล้วได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำ (PA44)	พืชได้รับน้ำและ CO₂ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ผลิตภัณฑ์ (PA14)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
(ข้อ 3)	ไม่ได้ เพราะ light reaction ต้องมีการใช้แสงในการแตกตัวของน้ำและถ่ายทอดอิเล็กตรอน ถ้าไม่มีแสงก็จะไม่เกิด ATP NADPH และ O_2 หรือเกิดได้น้อย (PB14)	ไม่ เพราะ พืชจำเป็นต้องใช้แสงในกระบวนการ Light reaction (PA19)	-	ได้ เพราะพืชบางชนิดปากใบจะเปิดกลางคืน เช่น กระบองเพชร...ซึ่งถึงแม้จะไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ แต่พืชเหล่านี้ก็ยังเกิดการสังเคราะห์แสงได้ (PB38)	พืชส่วนใหญ่จะไม่เกิด เพราะทุกกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะต้องใช้แสงด้วยเสมอ (PB23)
(ข้อ 10)	ก. เพราะในการสังเคราะห์ด้วยแสงขั้น Light Reaction (แบบไม่เป็นวัฏจักร) จะมีกระบวนการ Photolysis เกิดขึ้น ซึ่ง Photolysis เป็นกระบวนการแตกตัวของน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมี $2H^+ + 2e^- + \frac{1}{2} O_2$ (PB38)	ก. เพราะจากการทดลองของ มาร์ติน คาเมน และแซม รูเบน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากน้ำ (PB36)	H_2O และ CO_2 เพราะเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ด้วยแสง (PA07)	พืชหายใจเอา CO_2 เข้าไปและเปลี่ยนเป็น O_2 แล้วหายใจออกมา (PA27)	นักเรียนตอบถูกหรือผิด แต่ไม่บอกเหตุผล (PA13, PA33, PA34)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
2.2 ปฏิบัติการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (ข้อ 2.2)	CO ₂ fixation กระบวนการนี้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศแล้วเกิดกระบวนการตามวัฏจักรคัลวินเพื่อสร้างน้ำตาล โดยใช้ ATP และ NADPH จาก light reaction มาใช้ (PB12)	พืชนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ในกระบวนการสร้างน้ำตาล โดยที่คาร์บอนถูกนำไปใช้ในน้ำตาลกลูโคส ซึ่งคาร์บอนสามารถเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้โดยผ่านกระบวนการ CO ₂ fixation (วัฏจักรคัลวิน) (PB30)	พืชจะใช้วัฏจักรคัลวินในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แล้วเปลี่ยนจากวัตถุดิบเป็นผลิตภัณฑ์ และใช้กระบวนการตรึงน้ำร่วมด้วย (PB15)	CO ₂ ทำปฏิกิริยากับน้ำ แล้วได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำ (PA44)	“พืชได้รับน้ำและ CO ₂ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ผลิตภัณฑ์ (PA14)
(ข้อ 3.)	ไม่ได้ หากไม่มีแสง กระบวนการ Light Reaction ก็จะไม่เกิด ทำให้ไม่เกิดพลังงาน ATP และ NADPH ที่ใช้ในวัฏจักรคัลวิน	ถ้าไม่มีแสงก็ไม่เกิด ATP และ NADPH ที่จะนำไปใช้ในการสร้างน้ำตาล (PB02)	-	ได้เพราะ กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงยังมีความสามารถในการตรึง CO ₂ เพื่อสร้างพลังงาน ซึ่งกระบวนการตรึง CO ₂ ก็คือ	ไม่ได้ เพราะ แสงเป็นปัจจัยสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยแสงจะเป็นตัวให้พลังงานแก่กระบวนการ Light Reaction (PB08)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

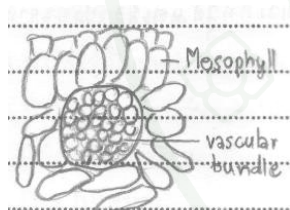
ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
	เมื่อวัฏจักรคัลวินไม่เกิด ก็จะไม่ได้ออกซิเจน และแสงก็ยังเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ในวัฏจักรคัลวินด้วย (PB14)			ว่าเป็นกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเช่นกัน แต่มีประสิทธิภาพและอัตราการเกิดน้อยลง (PB28)	
(ข้อ 11)	ก. เพราะใช้ป็นสารตั้งต้นในวัฏจักรคัลวิน โดยมี RuBP มาจับกลายเป็นสารคาร์บอน 6 อะตอม ที่ไม่เสถียรและกลายเป็น PGA และนำไปสร้างน้ำตาลในที่สุด (PB26)	ก. เพราะสิ่งที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชคือน้ำตาล น้ำ เก็บไว้เป็นพลังงานของพืช ซึ่งออกซิเจนและน้ำเป็นสิ่งที่พลอยได้” (PA24)	ง. เพราะ ดูจากสมการสังเคราะห์แสงที่ได้ทั้งน้ำตาลและออกซิเจน ซึ่งเมื่อดูสมการจะรู้ว่า O ₂ จาก CO ₂ จะกลายเป็น O ₂ (PA12)	ค. CO ₂ ถูกนำไปใช้ในการแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วให้ออกซิเจนออกมา คล้ายๆ กับการหายใจของคน ที่เวลาหายใจเข้าเอาออกซิเจนเข้าไป แล้วเอาคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา แต่พืชแค่กลับกัน เอา CO ₂ เข้าไปแล้วเอาออกซิเจนออกมา (PA35)	นักเรียนอาจตอบถูกหรือผิด แต่ไม่บอกเหตุผล (PA02, PA04, PA05)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

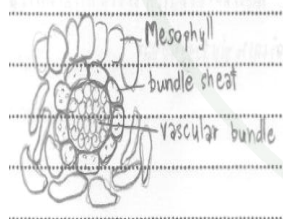
แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
2.2.1 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C_3 (ข้อ 6)	พืช C_3 จะมีการตรึง CO_2 จากบรรยากาศ 1 ครั้ง ที่ mesophyll cell เช่น ข้าว โดย มีโครงสร้างใบที่อาจมี bundle sheath หรือ ไม่มีก็ได้ แต่ถ้ามีก็จะไม่พบคลอโรพลาสต์ (PB34)	พืช C_3 มีการตรึง CO_2 1 ครั้ง มี RuBP เป็นตัวรับ CO_2 เช่น ข้าว (PB01)''	พืชแต่ละชนิดจะมีกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ต่างกัน ซึ่งพืชแต่ละชนิดจะมีขั้นตอนที่ต่างกัน ซึ่งสามารถแยกได้จากสารคงที่ตัวแรกในขั้นตอน ถ้าเป็น PGA เรียกว่าพืช C_3 เช่น ข้าวโพด (PA03)	เหมือนกัน เพราะพืชก็คือพืช เหมือนกัน น่าจะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เหมือนกัน เนื่องจากมีคลอโรพิลล์เหมือนกัน ใช้ CO_2 เหมือนกัน (PA42)	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบว่าไม่รู้ (PA02, PA04)



หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
2.2.2 ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี C ₄ (ข้อ 6)	พืช C ₄ มีการตรึง CO ₂ 2 ครั้ง โดยครั้งแรกตรึงจากรรยากาศเข้ามาเป็น HCO ₃ ⁻ ส่วนครั้งที่ 2 จะมาจากการแตกตัวของ malic acid ได้เป็น Pyruvate และ CO ₂ ซึ่ง CO ₂ ที่ได้ออกมาจะเข้าสู่ calvin cycle ต่อไป เช่น ข้าวฟ่างส่วนโครงสร้างใบจะมี bundle sheath ที่มีคลอโรพลาสต์ด้วย (PB34)	พืช C ₄ มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ครั้ง มี PEP เป็นตัวรับ CO ₂ เช่น ข้าวฟ่าง (PB01)	ถ้าสารคงที่ตัวแรกเป็น OAA เรียกว่าพืช C ₄ เช่น มะม่วง (PA03)	เหมือนกัน เพราะพืชก็คือพืช เหมือนกัน น่าจะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เหมือนกัน เนื่องจากมีคลอโรพิลล์เหมือนกัน ใช้ CO ₂ เหมือนกัน (PA42)	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบว่าไม่รู้ (PA02, PA04)



หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
2.2.3 ปฏิกริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ตามวิถี CAM (ข้อ 6)	พืช CAM มีการตรึง CO ₂ 2 ครั้งเช่นเดียวกับ C ₄ แต่เนื่องจากพืช CAM เป็นพืชที่อยู่ในทะเลทราย ปากใบจึงปิดกลางวัน จึงต้องตรึง CO ₂ ในเวลากลางคืนแล้วนำมาเก็บไว้ในรูป malic acid ที่ vacuole ก่อน แล้วค่อยสลายให้ CO ₂ ไปเข้า calvin cycle ในเวลากลางวัน เช่นกระบองเพชร ส่วนโครงสร้างใบคล้ายพืช C ₃ (PB34)	พืช CAM มีการตรึง CO ₂ 2 ครั้ง มี PEP เป็นตัวรับ CO ₂ (PB01)	พืช CAM คล้าย C ₄ แต่การตรึง CO ₂ จะตรึงในเวลากลางคืน ก่อน จนได้ malic acid แล้วเก็บไว้ใน vacuole ส่วนตอนกลางวัน จะนำ malic ที่เก็บไว้มาเข้าสู่ calvin cycle ได้ น้ำตาล ส่วนโครงสร้างใบคล้ายพืช C ₄ (PB45)	เหมือนกัน เพราะพืชก็คือพืช เหมือนกัน น่าจะมีกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เหมือนกัน เนื่องจากมีคลอโรพลาสต์เหมือนกัน ใช้ CO ₂ เหมือนกัน (PA42)	นักเรียนไม่ตอบหรือตอบว่าไม่รู้ (PA02, PA04)
(ข้อ 12)	ก. เพราะสับปะรดเป็นพืช CAM ซึ่งเป็นพืชที่ขึ้นและเจริญเติบโตในสภาพ	ก. เพราะ มีใบที่หนาและมีขนที่ใบ ทำให้ลดการสูญเสียน้ำ น้ำ จึงระเหยจากใบน้อย	ก. และ ค. เพราะ สับปะรดและมันสำปะหลังเป็นพืช CAM ทนต่อสภาพอากาศที่ร้อนและ	ค. เพราะมีลำต้นอยู่ใต้ดิน อาจใช้น้ำน้อย (PA04)	“ทุกข้อ เพราะส่วนใหญ่ปลูกที่ภาคอีสาน น่าจะใช้น้ำเท่ากัน (PA43)”

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
	อากาศที่แห้งแล้ง จึงมีการปรับตัวให้ใช้น้ำน้อยลง ลดการสูญเสีย น้ำ และเปิดปากใบในเวลากลางคืน (PB31)	ทำให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงได้มีคุณภาพ (PB28)	ขาดแคลนน้ำ มีการเปิดปากใบในตอนกลางคืน (PB40)		
(ข้อ 13)	ก. เพราะการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชทะเลทราย คือ พืช CAM จะไม่จำเป็นต้องน้ำมาก และไม่ก่อเกิด Photorespiration ดังนั้น CO ₂ จะมีความเข้มข้นมากกว่าในพืช C ₃ ดังนั้นประสิทธิภาพจึงมากกว่าพืชทั่วไป (PA22)	ก. เพราะยังมีการตรึง CO ₂ พืชทะเลทรายปากใบปิดในเวลากลางวัน แต่เปิดในเวลากลางคืน และมีประสิทธิภาพสูงกว่าพืชทั่วไปมีการปรับโครงสร้างให้ดึงน้ำมาใช้ให้ได้มากที่สุด เพราะขึ้นในที่แล้ง (PA45)	ง. เพราะ พืชประเภทนี้จะตรึง CO ₂ จากบรรยากาศในเวลา กลางคืนและเก็บไว้ในรูปของ กรดมาลิก และจะกลายเป็น CO ₂ เพื่อใช้ในวัฏจักรคัลวินในเวลากลางวัน ทำให้มีการตรึง CO ₂ ได้ตามปกติ (PB20)	ก. เพราะปากใบไม่เปิดไม่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส (PA16)	ก. เพราะการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จะช่วยให้สังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น (PA22)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
2.3 โฟโตเรสไพเรชัน (ข้อ 5)	ได้ เมื่อปากใบปิดเนื่องจากได้รับน้ำน้อย เพื่อลดการคายน้ำ เมื่อปากใบปิดทำให้รับ CO_2 ไม่ได้ แต่ยังได้รับแสงอยู่ เอนไซม์รูบิสโกจึงเข้าไปจับกับ O_2 ที่ได้จาก light reaction เกิดปฏิกิริยา Photorespiration ปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง แต่ป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระของออกซิเจนไม่ให้เซลล์ได้รับอันตราย (PB20)	“พืชสามารถตรึง O_2 แทน CO_2 ได้โดยจะเกิดโฟโตเรสไพเรชัน ซึ่งส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงคือทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (PB13)”	ได้ เกิดเมื่อมีแสงมาก แต่ไม่ส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่าไร (PA35)	ได้ และการทำเช่นนี้จะเกิดขึ้นในเวลากลางวัน พืชจะดูดออกซิเจนและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์แทนเนื่องจากในเวลากลางวันไม่มีแสงอาทิตย์ (PA31)”	นักเรียนไม่ตอบ หรือบอกว่าได้ หรือ ไม่ได้แต่ไม่บอกเหตุผล (PA02, PA03)
3. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	ก., ข. เพราะชั้นคิวติเคิลเปรียบเสมือนชั้นที่เคลือบไว้	ก., ข. เพราะมีการเปลี่ยนแปลงให้ได้รับแสง	ก., ข, ง. มีคิวติเคิลหนาลดการคายน้ำ อพิเคอร์มิสหนาควบคุม	ง. พืชที่อยู่ในที่แห้งแล้ง ความเข้มของแสงสูง	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบไม่ตรงคำถาม (PA03, PA05)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
(ข้อ 16)	เพื่อให้พืชสูญเสียให้น้ำน้อยลง ส่วนอิพิเคอร์มิตส หนขึ้นเพื่อลด อัตราการ สังเคราะห์ด้วยแสง (แสงเข้าไปได้น้อย) (PB06)	น้อยลงเพื่อลดการคายน้ำ (PA26)”	การปิดเปิดของปากใบ ใบบาง ลงเพื่อจะได้มีปากใบลดลง ลด การคายน้ำ (PA29)	อุณหภูมิสูง จะปรับตัวโดยมี ใบที่บางลง เพราะจะทำให้รับ แสงอาทิตย์ได้มากขึ้น สังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น (PA27)	
(ข้อ 17)	ก., ข., ค. พืชที่อยู่กลางแจ้ง จะมีพื้นที่ใบน้อย ส่วนพืชที่อยู่ในร่มจะมีพื้นที่ใบเยอะ เพื่อเพิ่ม พื้นที่ในการรับแสงมา สังเคราะห์ด้วยแสง พืชที่อยู่ใน ร่มจะมีคลอโรฟิลล์ที่มากเพื่อ จะได้สังเคราะห์ด้วยแสงได้ มากขึ้น ความหนาของใบพืชที่ อยู่กลางแจ้งจะมีใบที่หนา เพื่อที่จะลดการคายน้ำ (PB23)	“ข., ค. เพราะที่แสงแดดมาก คลอโรฟิลล์น้อยสีใบจะอ่อน ใบจะมีขนาดหนาด้วย (PB17)”	ก., ข., ค. กลางแจ้งมี คลอโรฟิลล์เยอะกว่าในที่ร่ม (PA46)	ข. กลางแจ้งมีปริมาณ คลอโรฟิลล์มากกว่าในที่ร่ม (PA33)	ก., ข., ค., ง. เพราะปริมาณ แสงเป็นตัวกำหนด (PA13)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,

SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
4. ปัจจัยบาง ประการที่มีผลต่อ อัตราการ สังเคราะห์ด้วยแสง (ข้อ 14)	ก., ข., ค., ง., จ., และ ฉ. โดย ก. ความเข้มแสง พืชที่ได้รับ ความเข้มแสงมากอัตราการ สังเคราะห์ด้วยแสงจะมาก ข. ความเข้มข้นของ CO ₂ ใน อากาศ ถ้าความเข้มข้น CO ₂ มาก จะสังเคราะห์ด้วยแสง ได้ดี ค. อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิมีผลต่อเอนไซม์บาง ชนิดที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ ด้วยแสง ดังนั้นต้องได้รับ อุณหภูมิที่เหมาะสม ง. อายุ ใบ พืชที่อายุมากและน้อย เกินไป การสังเคราะห์ด้วย แสงจะน้อย แต่พืชที่เจริญ	ก., ข., ค., ง., จ. และ ฉ. มีผล ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วย แสง คือ ก. ความเข้มแสงมาก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง มาก ข. CO ₂ เข้มข้นมากอัตรา การสังเคราะห์ด้วยแสงมาก ค. อุณหภูมิสูง ปากใบปิด อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง น้อย ง. อายุอ่อนเกินไปหรือ มากเกินไป อัตราการ สังเคราะห์ด้วยแสงน้อย จ. น้ำมากอัตราการสังเคราะห์ ด้วยแสงน้อย ฉ. ธาตุอาหาร ในดินบางชนิดช่วยในการ สังเคราะห์ด้วยแสง (PB34)”	ก., ข., ค., ง., จ., ฉ. โดยถ้า ก. ความเข้มแสงมากทำให้ สังเคราะห์แสงได้มาก ข. CO ₂ มากทำให้สังเคราะห์แสง ได้มากขึ้น ค. อุณหภูมิสูง ปาก ใบปิด สังเคราะห์แสงน้อย ง. ใบอายุมากสังเคราะห์แสงได้ น้อย จ. ปริมาณน้ำมาก ทำให้ สังเคราะห์แสงได้มาก ฉ. ธาตุ อาหารมากสังเคราะห์แสง ได้มากขึ้น (PA08)	-	ก., ข., ค., ง., ฉ. เพราะจำเป็น ทุกข้อ (PA10)”

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน,
SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แนวคิด	กลุ่มคำตอบ				
	SU	PU	PS	SM	N
	เคืบโตะเต็มที การสังเคราะห์ด้วยแสงจะดีทีสุด จ. น้ำ พืชจะต้องได้รับปริมาณน้ำทีเหมาะสม น้ำน้อยหรือมากเกินไปจะทำให้การสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง จ. ถ้าพืชขาด Mg จะมีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ (PB30)				
(ข้อ 15)	ก. เพราะใบทีอ่อนเกินไป จะยังมี การเจริญเติบโตของคลอโรฟิลล์ไม่เต็มที่ ส่วนใบทีแก่เกินไป จะเริ่มมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ จึงสังเคราะห์ด้วยแสงได้ไม่ดี แต่ใบทีเจริญเต็มที่ คลอโรฟิลล์สมบูรณ์จึงสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีทีสุด (PB12)	ก. เพราะ ใบทีเจริญเต็มที่ คลอโรฟิลล์พัฒนาดีทีสุด (PA6)	ก. เพราะถ้าใบแก่มีคลอโรฟิลล์ น้อยลง พืชจะไม่สามารถมีชีวิตรอดได้นาน (PA24)	ข. เพราะใบทียอดต้องเจริญเติบโตต่อไป ต้องใช้พลังงานมาก (PA23)	นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบแต่ไม่ให้เหตุผล (PA03, PA04)

หมายเหตุ: CU= มีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์, PU= มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วน, PS = มีความเข้าใจถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน, SM = มีความเข้าใจคลาดเคลื่อน, N = ไม่มีความเข้าใจแนวคิด; ข้อความทีเป็นตัวหนาหมายถึงแนวคิดทีคลาดเคลื่อน

ตารางผนวกที่ 2 รายละเอียดคำตอบในแต่ละด้านของมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 1)	วิทยาศาสตร์ คือ กระบวนการคิด สังเกต แสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติแตกต่างจากสาขาวิชาอื่น คือ ใช้หลักเหตุและผล มีหลักฐานยืนยัน (NB41)	วิทยาศาสตร์ คือ วิชาที่ต้องใช้หลักการ และเหตุผลว่าจะทำอะไรก็ต้องใช้เหตุผล และอ้างอิงถึงทฤษฎีแตกต่างกับวิชาอื่นตรงที่ ต้องใช้การวิเคราะห์ที่เป็นเหตุเป็นผล คิดถึงสภาพความเป็นจริงและวิทยาศาสตร์ต้องใช้การสังเกต (NA25)	“วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่อยู่รอบตัวเรา แตกต่างจากวิชาอื่นตรงที่มันเป็นสิ่งที่มืออยู่ในธรรมชาติ” (NA10)	“วิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เราเข้าใจยาก ซับซ้อน แต่ถ้าตั้งใจก็จะทำได้” (NA09)
2. การสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 4)	นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าอะตอมมีโครงสร้างเช่นนี้ เนื่องจากได้ศึกษาจากการสังเกตและทดลอง ประกอบกับความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการที่ช่วยอธิบายผลจากการสังเกตหรือการทดลองนั้นๆ (NB24)	เพราะนักวิทยาศาสตร์เขาได้ทำการทดลองมาแล้ว ซึ่งผลออกมาเป็นไปตามที่เขาคาดไว้ จึงสรุปเป็นทฤษฎีออกมา (NA34)	นักวิทยาศาสตร์แน่ใจว่าลักษณะอะตอมมีโครงสร้างตามที่ปรากฏใน e ⁻ กันเอาไว้ไม่ให้ออกมาข้างนอกหนังสือเรียนเพราะมีหลักฐานจากภาพถ่ายอะตอม (NA16, NA40, NA42) เหลือ P และ N เลยเพราะไม่มี	เพราะว่าข้างในที่มี P กับ N จะถูกอะตอมมีโครงสร้างตามที่ปรากฏใน e ⁻ กันเอาไว้ไม่ให้ออกมาข้างนอกหนังสือเรียนเพราะมีหลักฐานจาก ถ้าไม่มี e ⁻ ในนิวเคลียสก็จะไม่ภาพถ่ายอะตอม (NA16, NA40, NA42) เหลือ P และ N เลยเพราะไม่มีประจุลบดูดไว้ อะตอมก็จะไม่สมบูรณ์ (NA21)

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคม

วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมิติประชาคมวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
(ข้อ 7)	เพราะ ได้มีการทดลองจาก นักวิทยาศาสตร์หลายท่าน ซึ่งแต่ละครั้ง ในการทดลองจะไม่ทดลองเพียงครั้ง เดียว เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนจะทำหลายๆ ครั้งและหลายๆท่านอาจจะทำคล้ายกัน แล้วเมื่อ ได้ผลการทดลองออกมา คล้ายกันก็สรุปผลออกมา (NB37)	มาจากการทดลอง นำสัตว์จริงๆ มาลอง ผสมพันธุ์ (NA43)	เพราะแต่ละสปีชีส์ย่อมมีความ เหมือนกันอยู่แล้ว และยังต้องผสม พันธุ์กันได้ด้วยเพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ สปีชีส์ของตนไว้ ทำให้ที่กล่าวมา ถูกต้อง (NA39)	ไม่แน่ใจ แต่ถ้าไม่เรียกว่านี่คือ สปีชีส์แล้วจะเรียกว่าอะไร กลุ่ม สิ่งมีชีวิตที่เหมือนกันหรือ คำว่า สปีชีส์น่าจะดีแล้ว (NA29)
3. ทฤษฎีและกฎทาง วิทยาศาสตร์ (ข้อ 5)	กฎและทฤษฎี แตกต่างกัน โดยทฤษฎีจะ ถูกตั้งขึ้นเพื่ออธิบายกฎ อธิบาย ความสัมพันธ์ในเรื่องต่างๆ ว่าเกิดขึ้น แบบนี้ได้อย่างไร และกฎจะถูกตั้งขึ้น เพื่อบอกว่าสิ่งนั้นเป็นอย่างไร แต่ไม่ได้ อธิบายว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะอะไร สิ่งที่มีสัมพันธ์กันคือ ทฤษฎีจะ	“กฎ คือ สิ่งที่เห็นอยู่ตามธรรมชาติ” รวมถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ที่ สังเกตได้ ทฤษฎี คือ สิ่งที่อธิบายกฎให้ เข้าใจมากขึ้น ผ่านการทดลองเพื่อให้ เห็นความเกี่ยวข้องของสิ่งต่างๆ ที่ ชัดเจนขึ้น มีความสัมพันธ์กันคือ ทฤษฎี คือสิ่งที่จะอธิบายหรือสิ่งคอย	“กฎและทฤษฎีต่างกัน โดย ทฤษฎี คือสิ่งที่เราสามารถเปลี่ยนแปลงได้อยู่ เสมอ กฎ คือทฤษฎีที่ได้รับการยืนยัน ว่าถูกต้อง มีความสัมพันธ์กันที่ กฎ เปลี่ยนแปลงมาจากทฤษฎีที่ได้รับการ ยอมรับแล้วว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้องได้รับ การยืนยัน (NA19)”	“กฎและทฤษฎีต่างกันขึ้นอยู่กับ ปัจจัยในการตั้งกฎและทฤษฎี และ คล้ายกันตรงที่ถ้ามีปัจจัยที่ใกล้เคียง กันก็ย่อมสัมพันธ์กัน” (NA47)

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคม วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
	ช่วยอธิบายสิ่งที่ถูกบอกไว้ว่า ความสัมพันธ์หรือสิ่งนั้นๆ เกิดได้ อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนี้ เช่น กฎต่างๆ ในเรื่องแก๊ส จะมีทฤษฎีจลน์ ของแก๊สช่วยในการอธิบายอยู่ (NB24)	เสริมกฎให้เข้าใจมากขึ้น” (NB02)		
4. จินตนาการและ ความคิดสร้างสรรค์ ของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ (ข้อ 8)	ใช้ทั้งก่อน ระหว่างและหลังการเก็บ ข้อมูล โดยก่อนการเก็บข้อมูล ใช้ใน การเกิดคำถามในสิ่งที่จะศึกษา ระหว่างการเก็บข้อมูลใช้ในการคิด แก้ปัญหาสิ่งที่เกิดขึ้น หลังการเก็บ ข้อมูลในการวิเคราะห์และสรุปผล (NB44)	ใช้เฉพาะก่อนเก็บข้อมูล เพราะก่อน เก็บข้อมูลต้องคิดคำถามเพื่อการ ทดลองและตั้งสมมติฐาน แต่ระหว่าง เก็บข้อมูลไม่ได้ใช้ เพราะสามารถเก็บ ข้อมูล ซึ่งเป็นความจริงจากการ ทดลองได้เลย และหลังจากเก็บข้อมูล ก็ไม่ต้องใช้ เพราะเป็นการนำข้อมูลมา แจกแจงเท่านั้น จึงไม่ต้องใช้ จินตนาการใดๆ (NA20)”	จินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ถูก ใช้ก่อนเก็บข้อมูลเพื่อจินตนาการถึงสิ่ง ที่เคยเห็นมา แต่ระหว่างเก็บข้อมูลและ หลังเก็บข้อมูลไม่ได้ใช้ เพราะระหว่าง เก็บข้อมูลต้องเก็บข้อมูลตามความจริง ใช้จินตนาการไม่ได้ และหลังเก็บข้อมูล เป็นเพียงการสรุปผลจากข้อมูลที่ได้นำ เท่านั้นจึงไม่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ (NA25)	-

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคม
วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
5. การถูกเหนี่ยวนำโดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ข้อ 9)	เป็นไปได้ที่จะนำเสนอข้อมูลที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์เอง มุมมองต่อข้อมูลหลักฐาน ซึ่งคนเราไม่ได้มีพื้นฐานความคิดเหมือนกันทุกคน ทำให้สมมติฐานที่ได้อาจแตกต่างกันได้ (NB20)“	“แตกต่างเพราะต่างคนต่างความคิด (NA21)“	ไม่ เพราะเราได้สังเกตและเก็บเกี่ยวความรู้เกี่ยวกับการสูญพันธุ์ของไดโนเสาร์จากข้อมูลชุดเดียวกัน เพราะฉะนั้นไม่น่าจะเกิดความแตกต่างในการสรุปข้อมูล (NA18)	เห็นด้วยกับสมมติฐานที่ 2 เนื่องจากโลกเรามีการเปลี่ยนแปลง อาจเกิดภัยพิบัติ อาจไม่ได้มีแต่ภูเขาไฟระเบิด อาจจะน้ำท่วมที่ทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ (NA03)
6. มิติทางสังคมและวัฒนธรรมของวิทยาศาสตร์ (ข้อ 10)	“มีผล เนื่องจากศาสนาพุทธได้ระบุไว้ อย่างชัดเจนว่าการฆ่าสัตว์ตัดชีวิตผู้อื่น นั้นถือเป็นความผิดบาปอย่างที่สุด การทำการทดลองอย่างนี้ก็ไม่เห็นว่สัตว์เองก็มีชีวิตเช่นกัน แม้การทำการทดลองจะประสบผลสำเร็จช่วยคนได้อีกหลายล้านคน แต่เธออาจเป็นคนเดียวที่แบกรับบาปนั้นไว้ เพราะถือความเชื่อทางพุทธศาสนา” (NA31)	“มี เพราะ เธอจะไม่กล้าฆ่าหนู เพราะจะทำให้ผิดศีล ทำให้มีผลต่อการวิจัย ถ้าเธอไม่ได้ทดลองปฏิบัติจริงก็ไม่สามารถหาข้อเท็จจริงได้ว่าสิ่งที่เธอทำวิจัยอยู่นั้นถูกหรือผิดอย่างไร เพราะฉะนั้นเธอต้องฆ่าหนู เพื่อให้ได้ข้อสรุปออกมาที่ตรงกับความเป็นจริง” (NA47)	“ไม่ เพราะหากคิดอีกแง่หนึ่ง การเสียสละชีวิตๆ หนึ่ง เพื่อช่วยเหลืออีกหลายชีวิตมันคงจะดีกว่า แม้จะผิดศีล หรือรู้สึกผิด แต่เราทำไปเพื่อช่วยเหลืออีกหลายคน จึงไม่ควรคิดมากกับเรื่องแบบนี้” (NA28)	-

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคม

วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
7. มายาคติของ วิธีการทาง วิทยาศาสตร์ (ข้อ 2)	การกระทำที่ถูกออกแบบอย่าง รอบคอบ มีการกำหนดจัดกระทำเพื่อ ทดสอบตัวแปร โดยทั่วไปการทดลอง มีเป้าหมายเพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (NB19)	“การทดลอง คือ ขั้นตอนกระบวนการ คิดวิเคราะห์หว่าสิ่งไหนเป็นไปตามที่เรา ตั้งสมมุติฐานไว้หรือไม่ อย่างไร การ ทดลองต้องเป็นขั้นเป็นตอน เป็นการ วางแผน ไม่ใช่คิดไปเองว่าสิ่งนี้ถูก สิ่ง นี้ผิด ต้องอาศัยผลการทดลองที่ แน่นอนแล้วจึงพูดได้” (NA29)	“การทดลองคือ การหาคำตอบของ คำถามที่เราต้องการจะรู้ในบางครั้ง ถ้าเราต้องการจะรู้อะไรเราก็ต้อง ทดลอง เราต้องการหาความจริงเราก็ ต้องทดลอง” (NA19)	-
(ข้อ 3)	ไม่ใช่ เพราะองค์ความรู้ทางวิทยา ศาสตร์สามารถได้มาจากการสังเกต อย่างเช่น วิชาดาราศาสตร์ ซึ่งเป็น แขนงของวิทยาศาสตร์ เราไม่สามารถ ทำการทดลองทุกอย่างบนเอกภพได้ แต่เราสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล นำความรู้ความคิดของผู้ บันทึกมาแบ่งปันกัน เพื่อให้เกิดความรู้	“ไม่ใช่ เพราะบางอย่างได้จากการ สังเกตมาก่อน เช่นดาราศาสตร์ ไม่เคย มีใครสามารถรู้ได้แท้จริงว่ามันเป็น อย่างไร มีเพียงคนที่มีความรู้มาช่วยกัน อธิบายและขยายความจริง (NB21)	“ใช่ เพราะวิทยาศาสตร์คือการทดลอง หาความจริง (NA15)”	ไม่ใช่ ยังมีองค์ประกอบอื่นอีก หลายอย่าง เช่น การตั้งสมมุติฐาน หรืออื่นๆ ถ้ามีแค่การทดลองอย่าง เดียวก็จะสรุปอะไรไม่ได้ (NA36)

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคม

วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมคิประชาคมวิทยาศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ด้าน	กลุ่มคำตอบ			
	IV	TV	NV	NC
	ที่สมมุติมากขึ้น (NB20)			
8. ความเป็นพลวัตร ของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ (ข้อ 6)	“ทฤษฎีสามารถเปลี่ยนแปลงได้ เพราะ เมื่อมีการค้นพบสิ่งใหม่ๆ ที่มีเหตุผล มีความน่าจะเป็นมากกว่าทฤษฎีเดิม ก็ สามารถเปลี่ยนไปใช้เหตุผลที่ดีกว่าเดิม ได้ และที่เราต้องศึกษาเพราะถือว่า ทฤษฎีที่เราศึกษา เป็นทฤษฎีที่มีความ เป็นปัจจุบันที่สุด ถึงแม้ทฤษฎีจะ เปลี่ยนแปลงได้ก็ตาม ในความคิดของ หนูถ้าไม่มีการศึกษาทฤษฎีเดิม หรือ ทฤษฎีปัจจุบันที่เชื่อถือกันอยู่ ก็จะเกิด ความรู้ใหม่ ทฤษฎีใหม่ได้ยาก...เช่น ทฤษฎีอะตอม (NB20)”	“ทฤษฎีเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีทฤษฎีอื่น ที่สามารถลบล้างทฤษฎีเก่าได้ น่าเชื่อถือมากกว่า เป็นจริงมากกว่า และที่ต้องเรียนเพราะ เราไม่รู้ทฤษฎี นั้นจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จึงต้องรู้ ไว้ก่อน เช่น ทฤษฎีอะตอม (NA26)”	ไม่เปลี่ยน เพราะทฤษฎีทาง วิทยาศาสตร์นั้นนักวิทยาศาสตร์ สมัยก่อนได้คิดค้นอย่างถูกต้องและ ลงตัวเรียบร้อยแล้ว (NA18)	เปลี่ยนแปลงได้เพราะทุกสิ่งล้วน ไม่เที่ยงแม้แต่ชีวิตคน ที่ต้องเรียน เพราะไม่งั้นก็ไม่ได้เรียน (NA09)

หมายเหตุ: IV = มุมมองที่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์, TV = มุมมองในระยะปรับเปลี่ยน, NV = มุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคม
วิทยาศาสตร์, NC = ไม่สามารถจัดกลุ่มได้; ข้อความที่เป็นตัวหนาหมายถึงมุมมองที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์



ภาคผนวก ค
แบบวัดแนวคิด เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง



แบบวัดแนวคิด
เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)
วิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จำนวน 17 ข้อ

เวลา 120 นาที

ชื่อ-สกุล..... ชั้น..... เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดแนวคิดชุดนี้มีทั้งหมด 17 ข้อ 10 หน้า ประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอนคือ
ตอนที่ 1 เป็นแบบเขียนตอบ และวาดภาพประกอบคำบรรยาย จำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6)
ตอนที่ 2 เป็นแบบเลือกตอบและแสดงเหตุผล จำนวน 11 ข้อ (ข้อ 7-17)
2. แนวคิดหลักที่วัดในแบบวัดชุดนี้ มี 4 แนวคิดหลัก คือ
 - 1) คลอโรพลาสต์และสารสีที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 2) ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - 3) การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง
 - 4) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำถาม
4. คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 ขอให้นักเรียนตั้งใจตอบคำถามให้ให้สมบูรณ์ที่สุด

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

แบบวัดแนวคิด

เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis)

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ โดยการบรรยาย วาดภาพ หรือวาดภาพประกอบ

คำบรรยายให้เหมาะสมกับคำถามในแต่ละข้อ

1. ให้นักเรียนวาดภาพแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบที่สำคัญของคลอโรพลาสต์ พร้อมทั้งจับออกตำแหน่งที่สำคัญในกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดให้



จากภาพที่นักเรียนวาด ตำแหน่งใดบ้างที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและสำคัญอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

2. จากความเข้าใจเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่นักเรียนเคยเรียนรู้ จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ตามความเข้าใจของนักเรียน “การสังเคราะห์ด้วยแสง” คืออะไร จงอธิบายพร้อมทั้งเขียน
สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ถูกต้อง

2.2 จากสมการที่นักเรียนเขียนมา จงอธิบายว่า พีชมีกระบวนการอย่างไรในการเปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงให้มาเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้ (ระบุเป็นขั้นตอน และหากนักเรียนทราบชื่อสารที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนให้ระบุมาในการอธิบายด้วย)

[illegible]

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

3. หากโลกเราไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์อีกต่อไป พืชในธรรมชาติยังสามารถเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. กลอโรฟิลล์มีบทบาทอย่างไรในการสังเคราะห์ด้วยแสง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าพืชสามารถตรึงออกซิเจนแทนคาร์บอนไดออกไซด์ได้หรือไม่ ถ้าได้จะเกิดขึ้นเมื่อใด และจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้มนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ หรือเขียนคำตอบเพิ่มเติมในตัวเลือก “อื่นๆ โปรดระบุ” หากนักเรียนคิดว่ามีคำตอบอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดให้ และให้เหตุผลว่าทำไมถึงเลือกคำตอบนั้น หรือตอบคำถามอื่นตามที่โจทย์ถามในแต่ละข้อ

7. สิ่งมีชีวิตต่อไปนี้ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. สาหร่ายสีแดง	ข. สาหร่ายสีเขียว	ค. สาหร่ายสีน้ำตาล
ง. พืชดอก	จ. ไวรัส	ฉ. ไฮยาโนแบคทีเรีย
ช. เห็ด	ซ. รา	ณ. มอส
ญ. เฟิร์น	ฎ. อื่นๆ โปรดระบุ.....	

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

8. ในช่วงฤดูใบไม้ร่วง ใบของต้นไม้บางชนิดจะมีการเปลี่ยนสีจากสีเขียวไปเป็นสีแดง ส้ม เหลือง หรือน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงสีของใบไม้ดังกล่าว มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

- ก. ต้นไม้ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้
- ข. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ตามปกติ
- ค. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่น้อยกว่าปกติ
- ง. ต้นไม้สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมากกว่าปกติ
- จ อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

9. จากการทดลองปลูกยาสูบจำนวนหลายกระถางในห้องทดลองโดยได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ฯลฯ) แต่ให้ต้นยาสูบได้รับเฉพาะแสงสีเดียวอย่างเดียวนานๆ นักเรียนคิดว่าต้นยาสูบจะมีการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นอย่างไร

ก. ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้

ข. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก

ค. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ และมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงตามปกติ

ง. สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ แต่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยลง

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

10. ก๊าซออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้มาจากสารใด (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. H_2O

ข. CO_2

ค. $C_6H_{12}O_6$

ง. $(CH_2O)_n$

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ.....เพราะ.....

11. คาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

ก. นำไปสร้างน้ำตาล

ข. นำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์ด้วยแสง

ค. นำไปแลกเปลี่ยนก๊าซแล้วให้ออกซิเจนออกมา

ง. นำไปสร้างน้ำตาลและก๊าซออกซิเจน

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

12. พืชชนิดใดมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด เมื่อปลูกในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำน้อย หรือ ขาดแคลนน้ำ

ก. ลับपर्ด

ข. ข้าวโพด

ค. มันสำปะหลัง

ง. อ้อย

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

13. ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง พืชทั่วไปจำเป็นต้องได้รับ CO_2 ซึ่งเข้ามาทางปากใบที่เปิดในเวลากลางวัน เพื่อใช้ในปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แต่สำหรับพืชที่ขึ้นในทะเลทรายนั้น ในเวลากลางวันปากใบของพืชจะปิด นักเรียนคิดว่าจะเกิดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์หรือไม่ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชพวกนี้จะเป็นอย่างไร

ก. ไม่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าพืชทั่วไป

ข. มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยกว่าพืชทั่วไป

ค. มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงกว่าพืชทั่วไป

ง. มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ได้ตามปกติ และมีประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสงเหมือนพืชทั่วไป

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

14. จากตัวเลือกต่อไปนี้ ปัจจัยใดบ้างที่นักเรียนคิดว่ามีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. ความเข้มของแสง	ข. ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ
ค. อุณหภูมิของอากาศ	ง. อายุใบ
จ. ปริมาณน้ำที่พืชได้รับ	ฉ. ธาตุอาหารในดิน
ช. อื่นๆ โปรดระบุ.....	

นักเรียนตอบข้อ แต่ละปัจจัยที่เลือกมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงอย่างไร

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้อย่างยั่งยืน / พัฒนาทุกครั้ง

15. ทำการทดลองโดยตัดใบดำถึง 3 บริเวณมาสกัดเอาคลอโรพลาสต์ คือ ใบที่ยอด ใบที่เจริญเต็มที่ และใบที่แก่แยกใส่ในหลอดทดลอง 3 หลอดตามประเภทของใบ โดยให้แสง น้ำ และ CO_2 ลงไป ควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มข้น แสง ปริมาณ CO_2 ให้พอเหมาะและเท่ากันทุกหลอด นักเรียนคิดว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงในทั้ง 3 หลอดจะต่างกันหรือไม่ อย่างไร

ก. ไม่ต่างกัน

ข. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่ยอดมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ค. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่เจริญเต็มที่ที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

ง. ต่างกัน โดยหลอดที่เป็นใบที่แก่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

16. พืชที่ขึ้นในที่แห้งแล้ง ความเข้มของแสงสูง อุณหภูมิสูง นักเรียนคิดว่าพืชพวกนี้จะมีการปรับตัวเพื่อรับแสงอย่างไร (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. มีขนและชั้นคิวติเคิลที่หนา

ข. มีชั้นอพิเตอร์มิสที่หนาขึ้น

ค. แตกกิ่งก้านสาขาให้มากขึ้น

ง. ใบมีลักษณะบางลง

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

17. โครงสร้างภายในของใบพืชชนิดเดียวกันที่อยู่กลางแจ้งและอยู่ในที่ร่มแตกต่างกันในเรื่องใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

ก. พื้นที่ของใบ

ข. ปริมาณคลอโรฟิลล์

ค. ความหนาของใบ

ง. จำนวนใบ

จ. อื่นๆ โปรดระบุ.....

นักเรียนตอบข้อ แตกต่างกันอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

***** ขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ตั้งใจตอบคำถามทุกข้อ *****

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง





แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (ฉบับภาษาไทย)

(Views of Nature of Science)

พัฒนาโดย Lederman และคณะ ในปี 2002

Lederman, N. G. *et al.* 2002. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*. 39(6): 497–521

จำนวน 10 ข้อ

เวลา 60 นาที

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดมีทั้งหมด 10 ข้อ 6 หน้า เป็นแบบวัดแบบเขียนบรรยาย
2. ให้นักเรียนตอบคำถามในการตอบแต่ละข้อให้สมบูรณ์ที่สุดอย่างเต็มความสามารถ บางข้ออาจถามหลายประเด็น พยายามตอบในทุกประเด็นของคำถาม
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำถาม
4. คำถามในแบบวัดฉบับนี้ไม่มีคำตอบที่ “ถูก” หรือ “ผิด” ครูเพียงแต่สนใจในความคิดเห็นของนักเรียนในบางประเด็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ และคำตอบของนักเรียนไม่มีผลใดๆ ต่อคะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์
5. ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบวัดของนักเรียนจะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป จึงขอให้นักเรียนทำแบบวัดด้วยความตั้งใจ

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

แบบวัดมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

(Views of Nature of Science)

1. ในมุมมองของนักเรียน วิทยาศาสตร์คืออะไร และอะไรที่ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่น (เช่น ภาษาไทย ศาสนา ปรัชญา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. การทดลองคืออะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากอดีตถึงปัจจุบันได้มาจากการทดลองเพียงอย่างเดียวหรือไม่ จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

4. แบบเรียนวิทยาศาสตร์ มักนำเสนอโครงสร้างของอะตอมว่า “ตรงกลางเป็นนิวเคลียส ซึ่งประกอบด้วยโปรตรอน (อนุภาคที่มีประจุบวก) และนิวตรอน (อนุภาคที่เป็นกลาง) และมีอิเล็กตรอน (อนุภาคที่มีประจุลบ) โคจรรอบๆ นิวเคลียส” นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าโครงสร้างดังกล่าวเป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่าทฤษฎีและกฎทางวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกันหรือไม่.....
อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

สัมพันธ์กันหรือไม่..... อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

6. หลังจากที้นักวิทยาศาสตร์พัฒนาทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาแล้ว (เช่น ทฤษฎีอะตอม ทฤษฎีวิวัฒนาการ) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ เลือกตอบข้อใดข้อหนึ่งตามความเชื่อของนักเรียน

- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ให้อธิบายว่าเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น พร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ
- ถ้านักเรียนเชื่อว่าทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้ :
 - a) อธิบายว่าเพราะเหตุใดทฤษฎีจึงเปลี่ยนแปลง
 - b) ทำไมเราจึงต้องเรียนทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในเมื่อสักวันหนึ่งทฤษฎีนั้น ๆ ต้องเปลี่ยนแปลงไป จงอธิบายประกอบการยกตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. แบบเรียนวิทยาศาสตร์ มักนิยาม “สปีชีส์” ว่าเป็นกลุ่มของสิ่งมีชีวิต ที่มีลักษณะเหมือนกันและสามารถผสมพันธุ์กันแล้วให้ลูกที่ไม่เป็นหมัน” นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์แน่ใจได้อย่างไรว่าลักษณะของสปีชีส์เป็นเช่นนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

8. นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์หรือจินตนาการในขั้นตอนต่างๆ ของการทดลองหรือการแสวงหาคำตอบหรือไม่ โดยให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน และอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบในแต่ละข้อ

ขั้นตอน	การใช้ความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการ		คำอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ
	ใช้	ไม่ใช้	
1. ก่อนการเก็บข้อมูล			
2. ระหว่างการเก็บข้อมูล			
3. ภายหลังเก็บข้อมูล			

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

9. เชื่อกันว่าไดโนเสาร์สูญพันธุ์เมื่อประมาณ 65 ล้านปีก่อน ในบรรดาสมมติฐานทั้งหลายที่นักวิทยาศาสตร์เสนอเพื่อใช้อธิบายการสูญพันธุ์ มีอยู่เพียง 2 สมมติฐานเท่านั้นที่ได้รับการสนับสนุนอย่างกว้างขวาง

สมมติฐานแรก เสนอว่ามีอุกบาตขนาดใหญ่พุ่งชนโลกเมื่อ 65 ล้านปีก่อน นำไปสู่การเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์

สมมติฐานที่สอง เสนอว่าเกิดภูเขาไฟปะทุขึ้นครั้งใหญ่และรุนแรงมากทำให้ไดโนเสาร์สูญพันธุ์ไป ถ้านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มสังเกตและลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันในการสร้างสมมติฐาน นักเรียนคิดว่านักวิทยาศาสตร์ทั้งสองกลุ่มจะยังคงเสนอสมมติฐานที่แตกต่างกันเช่นข้างต้นหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. “อรชนกเป็นนักสัตววิทยา ในการวิจัยของเธอ จำเป็นต้องฆ่าหนูเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับหลังจากให้ยาชนิดหนึ่งที่เธอกำลังทำการศึกษา อรชนกนับถือศาสนาพุทธและเคร่งศาสนามาก ซึ่งมีศีลข้อหนึ่งของพุทธศาสนาสอนว่าไม่ควรฆ่าสัตว์ตัดชีวิต” นักเรียนคิดว่าความเชื่อทางศาสนาของอรชนก จะมีอิทธิพลต่อการทำวิจัยในครั้งนี้ของเธอหรือไม่ อย่างไรจงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง



ภาคผนวก จ

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้ง**



แผนรายคาบ หน่วยการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

วิชา : ชีววิทยา (เพิ่มเติม)

รหัส ว 30242

แผนที่ 1 เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชั้น: มัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554

จำนวน: 1 คาบ เวลา: 50 นาที

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และนำความรู้ไปใช้ในกระบวนการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ข้อ 5. รวบรวมข้อมูลและบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ ถูกต้อง โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสมหรือความผิดพลาดของข้อมูล

ข้อ 7. วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุป หรือสาระสำคัญ

ข้อ 8. พิจารณานำเชื่อถือของวิธีการและผลการสำรวจตรวจสอบโดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ

ข้อ 11. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิง

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

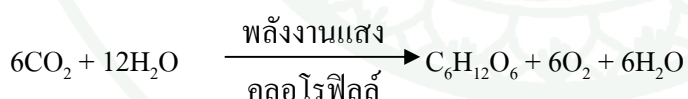
ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. สามารถตรวจสอบและบอกสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์และสิ่งจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
2. ให้คำจำกัดความของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้
3. ทำการทดลอง รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และลงข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง รวมถึงประเมินการตรวจสอบได้
4. มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ แสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นให้ความร่วมมือในการทำงาน และสามารถสื่อสารหรือใช้ภาษาเพื่ออธิบายความคิดหรือความรู้แก่ผู้อื่น
5. อภิปรายและสะท้อนความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ดังนี้
 - การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 - การสังเกต ลงความเห็นและมีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดหลัก

การสังเคราะห์ด้วยแสง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic mechanism) เป็นกระบวนการที่ผู้ผลิตเปลี่ยนพลังงานแสงมาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้น โดยใช้พลังงานแสงสร้างสารอินทรีย์ จากสารอนินทรีย์ คือ สร้างคาร์โบไฮเดรต จาก CO_2 และน้ำ และยังได้น้ำและก๊าซออกซิเจนออกมาเป็นผลพลอยได้ ดังสมการ



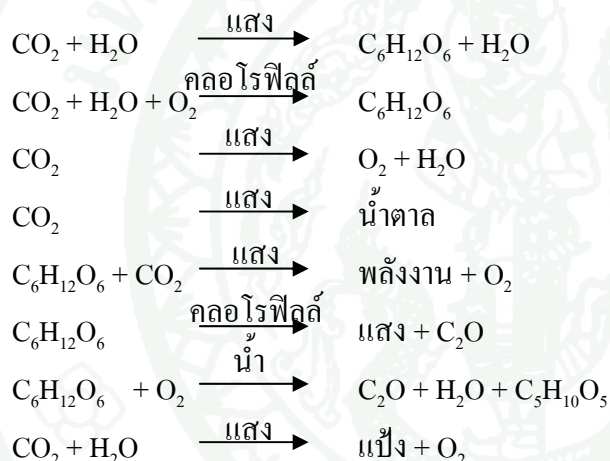
ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

1. การอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ได้มาจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งมีหลักฐานที่ตรวจสอบได้
2. การสังเกต ลงความเห็นและมีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ วิทยาศาสตร์มีบทบาทในการให้คำอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และตั้งอยู่บนพื้นฐานของทั้งการ

สังเกตและการลงความเห็น ข้อมูลจากการสังเกตเป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือผ่านเครื่องมือ การลงความเห็นเป็นการแปลความจากการสังเกตเหล่านั้น ความเชื่อที่ได้รับการยอมรับในประชามนักวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์แต่ละคน ความเชื่อนี้เป็นตัวกำกับการสังเกตและการลงความเห็น มุมมองจากหลาย ๆ แหล่งจะช่วยให้การแปลความจากการสังเกตนั้นถูกต้องมากขึ้น ความเข้าใจความแตกต่างระหว่างการสังเกตและการลงความเห็นจะทำให้เข้าใจความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็น สิ่งที่เราไม่อาจใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกินขีดจำกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม

แนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง

- พืชใช้ออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ทวิเดช แสนชนม, 2540)
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสง (แบบทดสอบก่อนเรียน)



มุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ไม่สอดคล้องกับมติประชาคมวิทยาศาสตร์

- วิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นตรงที่ยากและซับซ้อนกว่า (แบบทดสอบก่อนเรียน)
- นักเรียนไม่ทราบว่าความรู้บางอย่างมีตัวตนทางทฤษฎีซึ่งไม่สามารถรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส เช่น นักเรียนคิดว่าโครงสร้างอะตอมได้จากการถ่ายภาพของนักวิทยาศาสตร์ (แบบทดสอบก่อนเรียน)

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ชั้นนำเข้าสู่บทเรียน (5 นาที)

1. ครูสร้างสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนมีส่วนร่วมในคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การทดลอง เพื่อศึกษากระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยครูนำน้ำกลั่นใส่ในบีกเกอร์ หยดสารละลายโบรโมไทมอลบลู (สารชนิดนี้เป็นสารอินดิเคเตอร์มีสีน้ำเงิน ซึ่งจะเปลี่ยนสีในช่วง pH 6-7.6

- โดยจะเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองเมื่อสารละลายมีค่า pH น้อยกว่า 6 และกลับมาเป็นสีน้ำเงินเมื่อสารละลายมีค่า pH มากกว่า 7.6) ซึ่งเมื่อครูหยดสารนี้ลงในน้ำแล้วน้ำจะเป็นสีน้ำเงิน (เนื่องจากสารละลายโบรโมไทมอลบลูมีความเป็นเบสเล็กน้อยเพราะเตรียมมาจากสารละลาย NaOH ครูรายละเอียดการเตรียมสารละลายโบรโมไทมอลบลูท้ายแผนการสอน)
- ครูให้นักเรียนทำนายว่าหากครูให้เพื่อนเป่าลมลงไปในน้ำที่หยดอินดิเคเตอร์นี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร โดยให้นักเรียนเขียนคำทำนายในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 ช่อง P (Predict)
 - หลังจากนั้นให้ตัวแทนนักเรียนออกมาเป่าลมลงไปในน้ำ ให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 ช่อง O (Observe) (น้ำเปลี่ยนสีจากสีฟ้าเป็นสีเหลือง) ครูถามนักเรียนว่าน้ำเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเหลืองได้อย่างไร
- ขั้นสอน (40 นาที)**
- ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่ออธิบายว่าน้ำเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีเหลืองได้อย่างไร แล้วเขียนลงในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 1 ช่อง E (Explain) โดยหากนักเรียนไม่สามารถอธิบายได้ ครูอาจใช้คำถามสืบเสาะดังนี้
 - ในลมหายใจออกของเรามีก๊าซชนิดใดบ้าง (ในโคโรนา คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน)
 - ก๊าซชนิดใดที่รวมกับน้ำแล้วทำให้เกิดกรดขึ้น (คาร์บอนไดออกไซด์)
 - กรดที่ได้เป็นกรดชนิดใด (กรดคาร์บอนิก)
 - มีนักเรียนคนใดสามารถเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาระหว่างน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วได้กรดคาร์บอนิกบ้างว่าเป็นอย่างไร ($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$)
 - ดังนั้นเมื่อเราเป่าลมลงไปในน้ำที่มีอินดิเคเตอร์นี้จะทำให้น้ำของเรามีค่า pH เปลี่ยนแปลงอย่างไร (ค่า pH ลดลง)
 - ซึ่งเมื่อค่า pH ลดลง อินดิเคเตอร์ของเราจะเปลี่ยนเป็นสีอะไร (เหลือง)
 - ครูถามคำถามเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนได้แนวคิดในการทำทดลองเพื่อศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยถามว่านักเรียนคิดว่า
 - ถ้าคาร์บอนไดออกไซด์ถูกใช้ไปค่า pH ของน้ำจะเป็นอย่างไร (สูงขึ้นเพราะปริมาณกรดน้อยลง)
 - อินดิเคเตอร์ของเราจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร (เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีฟ้า)
 - จากแนวคิดเรื่องนี้ ครูถามนักเรียนว่าหากครูนำสาหร่ายหางกระรอกใส่ในน้ำที่เป็นสีเหลือง 2 ชุดด้วยกันโดยที่ชุดที่ 1 ครูนำไปไว้ในที่ที่ถูกละแสง ชุดที่ 2 ครูนำไปไว้ในที่ที่ไม่ถูกละแสง นักเรียนคิดว่าสีของน้ำทั้งสองชุดจะเหมือนกันหรือไม่ ถ้าเหมือน เหมือนอย่างไร / ถ้าไม่ แตกต่างกัน

อย่างไร และเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น (นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์)

7. ครูให้นักเรียนเขียนคำทำนายของตนเองในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 ช่อง P (Predict)
8. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมน้ำเปลี่ยนสี กลุ่มละ 4 คน (รายละเอียดตามใบกิจกรรมที่ 1) และบันทึกสิ่งที่สังเกตเห็นลงในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 ช่อง O (Observe) (นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์)
9. หลังจากผ่านไป 30 นาที เมื่อนักเรียนบันทึกผลจากการสังเกตแล้ว ครูให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันคิดเพื่ออธิบาย สิ่งที่เกิดขึ้นว่าเป็นเพราะเหตุใด แล้วเขียนคำอธิบายในใบกิจกรรมที่ 1 ตอนที่ 2 ในช่อง E (Explain) (นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์)
10. ครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมาอธิบายพร้อมแสดงหลักฐานว่าน้ำจากทั้งสองแหล่งแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น)
11. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสาเหตุของการเปลี่ยนสีของน้ำ โดยครูใช้คำถามดังนี้
 - การที่น้ำเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีฟ้าเพราะเหตุใด (ความเป็นกรดลดลง)
 - ในที่นี้สารที่ทำให้น้ำเป็นกรดคือสารใด (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)
 - ดังนั้นการที่ความเป็นกรดลดลงเป็นเพราะสารใดลดลง (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)
 - ในหลอดทดลองใดที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (หลอดที่ถูกแสง)
 - นักเรียนคิดว่าเหตุใดหลอดที่ถูกแสงจึงมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์ด้วยแสง)
 - ดังนั้นพืชจะใช้สารใดไปในการสังเคราะห์ด้วยแสง (ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)
 ตรงจุดนี้ครูแก่นักเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ว่า “พืชใช้ออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง”

(นักเรียนประเมินการเชื่อมโยงคำอธิบายไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์)
12. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสังเกตหรือนึกถึงสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์อื่นๆในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยถามนักเรียนว่า
 - จากการทดลองนอกจากสีของน้ำที่ต่างกันแล้ว นักเรียนสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงใดที่ต่างกันหลอดทดลองทั้งสองชุดอีกบ้าง (ในชุดที่ 1 มีฟองอากาศเกิดขึ้นจากใบและลำต้นของสาหร่ายหางกระรอก) ตรงจุดนี้แสดงให้เห็นว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ก๊าซออกมาด้วยช่วยให้นักเรียนปรับเปลี่ยนที่แนวคิดคลาดเคลื่อนจากสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่จะไม่มี

ก๊าซเกิดขึ้น

- นักเรียนคิดว่าฟองอากาศนั้นคือก๊าซอะไร (ออกซิเจน)
- ถ้านักเรียนมีเวลาเพิ่ม นักเรียนจะทำการทดสอบอย่างไรเพื่อพิสูจน์ว่าก๊าซนั้นคือก๊าซออกซิเจนหรือไม่ (ทดสอบโดยใช้รูปติดไฟ)
- นอกจากก๊าซออกซิเจนแล้วในการสังเคราะห์ด้วยแสงยังได้สิ่งใดที่เกิดขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์อีกบ้าง (น้ำตาลหรือแป้ง) นักเรียนคิดว่าหากมีเวลาเพิ่มนักเรียนจะทดสอบผลิตภัณฑ์ตัวนี้ได้อย่างไร (ทดสอบแป้งใช้ไอโอดีนทดสอบน้ำตาลใช้สารละลายเบนดิคส์)
- นักเรียนคิดว่าผลการทดสอบจะเป็นอย่างไร (ถ้ามีแป้งเกิดขึ้นจริงไอโอดีนจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน ถ้ามีน้ำตาลเกิดขึ้นจริงจะเกิดตะกอนสีแดงอิฐ)
- ครูทบทวนความรู้มัธยมต้นเกี่ยวกับการทดสอบแป้งในใบชาต่าง ว่าส่วนใดที่เปลี่ยนสีไอโอดีนเป็นสีน้ำเงินได้ (ส่วนที่มีสีเขียว)
- นั่นหมายความว่า ส่วนที่มีสีเขียวของพืชสามารถสร้างสิ่งใดได้ (แป้ง)
- เหตุใดเราจึงทดสอบแป้ง ไม่ทดสอบน้ำตาล (เนื่องจากเมื่อเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงน้ำตาลที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นแป้งอย่างรวดเร็วเพื่อเก็บไว้เป็นอาหารสะสมในพืช)
- แต่อย่างไรก็ดีทั้งแป้งและน้ำตาลจัดเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด (คาร์โบไฮเดรต) ตรงจุดนี้แก่นแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่นักเรียนเขียนมาว่าไม่มีสารพวกคาร์โบไฮเดรตเกิดขึ้น
- ครูบอกนักเรียนว่า นอกจากนี้กระบวนการนี้มีการใช้น้ำและได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ด้วย
- ดังนั้นสรุปว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงใช้อะไรเป็นวัตถุดิบ และเกิดผลิตภัณฑ์อะไรขึ้นบ้าง (ใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ได้สารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและน้ำเป็นผลิตภัณฑ์และออกซิเจนเป็นผลพลอยได้)

13. หลังจากเสร็จกิจกรรม ครูบ่งชี้ประเด็นธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ด้านการอิงหลักฐานเชิงประจักษ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์, การสังเกต ลงความเห็นและความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์โดยใช้คำถามดังนี้
- ที่นักเรียนมองเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำในวันนี้ นักเรียนใช้ทักษะอะไรบ้าง (การสังเกต)
 - การสังเกตคืออะไร (สังเกตเป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือผ่านเครื่องมือ)
 - ที่น้ำเปลี่ยนสีได้เป็นเพราะอะไร (น้ำทำปฏิกิริยากับ CO_2 ได้กรดคาร์บอนิก ทำให้ค่า pH ของน้ำลดลง น้ำจึง เปลี่ยนเป็นสีเหลือง)
 - ครูชี้ให้นักเรียนเห็นว่าสิ่งที่นักเรียนอธิบาย เป็นการแปลความจากการสังเกต เรียกสิ่งนี้ว่าการลงความเห็น

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

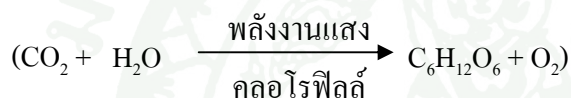
- ในการทดลองครั้งนี้นักเรียนทราบหรือไม่ว่าทำไมเราต้องดูการเปลี่ยนสีของสารละลาย (นักเรียนอาจยังตอบไม่ได้)
- ครูถามต่อว่าจากขั้นการทดลองในขั้นแรก การเปลี่ยนสีของน้ำแสดงถึงอะไร (การเปลี่ยนแปลงค่า pH)
- ค่า pH เปลี่ยนแปลงได้อย่างไร (การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเบสของน้ำ)
- จากการทดลองความเป็นกรดของน้ำเปลี่ยนแปลงเนื่องจากก๊าซชนิดใด (คาร์บอนไดออกไซด์)
- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่น้ำได้รับได้มาจากไหน (การเป่าลมจากร่างกาย)
- นักเรียนสามารถมองเห็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรงได้หรือไม่ (ไม่ได้)
- ถ้านักเรียนมองไม่เห็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วนักเรียนรู้ได้อย่างไรว่ามีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไป (ดูจากผลการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ในน้ำ)
- ครูบ่งชี้ว่า สิ่งนี้เป็นสิ่งที่เรามองไม่เห็นหรือรับรู้จากประสาทสัมผัสไม่ได้ แต่รู้ว่ามี เนื่องจากมีประจักษ์พยาน จากการตรวจสอบว่ามีอยู่ ครูอธิบายว่า สิ่งที่เรารับรู้ไม่ได้จากประสาทสัมผัส แต่รู้ว่ามีอยู่ เรียกว่า ความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า วิทยาศาสตร์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของทั้งการสังเกตและการลงความเห็น ข้อมูลจากการสังเกตเป็นการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสของมนุษย์หรือผ่านเครื่องมือ การลงความเห็นเป็นการแปลความจากการสังเกตเหล่านั้น แต่มีหลายอย่างในโลกเรา เป็นสิ่งที่เราไม่สามารถใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ได้ เนื่องจากเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจังกัดของประสาทสัมผัสของมนุษย์ แต่มนุษย์เชื่อว่ามีสิ่งนั้น เนื่องจากมีประจักษ์พยานจากการทดลองหรือการสังเกตโดยอ้อม เรียกว่า ความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- ครูถามนักเรียนว่านอกจากก๊าซต่างๆ ที่เรามองไม่เห็นแล้ว ยังมีอะไรอีกบ้างที่เราถือว่ามีความมีตัวตนตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (แรงโน้มถ่วงของโลก, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า, อะตอม)
- เหตุใดนักวิทยาศาสตร์จึงเชื่อว่าสิ่งนั้นมีอยู่จริงตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ (มีประจักษ์พยานจากการทดลองซึ่งมาจากการทดลองหลายๆ ครั้ง ผ่านการตรวจสอบจนเป็นที่ยอมรับตามมติประชาคมวิทยาศาสตร์)
- การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ นักวิทยาศาสตร์ได้มาอย่างไร (ได้มาจากกระบวนการที่เป็นเหตุเป็นผล และที่สำคัญคือมีหลักฐานเชิงประจักษ์ ให้ผลที่วัดได้ ตรวจสอบได้ ทำซ้ำได้และมีการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการอยู่เสมอ)
- นักเรียนคิดว่าการได้มาซึ่งความรู้แบบนี้มีในสาขาวิชาอื่นหรือไม่ (ไม่)
- ครูบ่งชี้ว่าสิ่งนี้ทำให้วิทยาศาสตร์แตกต่างจากศาสตร์สาขาอื่น

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

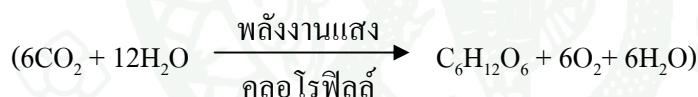
ตรงจุดนี้ครูช่วยนักเรียนปรับเปลี่ยนมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่ว่าวิทยาศาสตร์แตกต่างจากสาขาวิชาอื่นตรงที่ยากและซับซ้อนกว่า

ขั้นสรุป (5 นาที)

14. ครูนำสรุปแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยร่วมกันอภิปรายว่าการสังเคราะห์ด้วยแสงคืออะไรและสามารถเขียนสมการเพื่อสรุปกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างไร โดยใช้คำถามใบกิจกรรมที่ 1 โดยควรสรุปได้ว่า กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการที่ผู้ผลิตเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่พืชสร้างขึ้น โดยใช้พลังงานแสงสร้างสารอินทรีย์จากสารอนินทรีย์ คือ สร้างคาร์โบไฮเดรตจาก CO_2 และน้ำ และยังได้ก๊าซออกซิเจนเป็นผลพลอยได้ สรุปออกมาเป็นสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ว่า



15. ครูให้นักเรียนช่วยกันดุลสมการเพื่อให้ได้สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สมบูรณ์ ซึ่งสมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สมบูรณ์ คือ



16. ครูให้นักเรียนประเมินการทำงานกลุ่มโดยใช้แบบประเมินการทำงานกลุ่ม

17. ครูให้นักเรียนเขียนอนุทินลงในแบบบันทึกอนุทินในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- กิจกรรมในชั้นเรียน
- สิ่งที่ได้เรียนรู้
 - เนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง
 - ความเป็นวิทยาศาสตร์
- ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ
- ความรู้สึกต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในภาพรวม
- ข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู

สื่อการเรียนการสอน

1. ใบกิจกรรมที่ 1 กิจกรรมนำเปลี่ยนสี
2. แบบบันทึกอนุทิน
3. แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม
4. อุปกรณ์และสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง (ต่อกลุ่ม)
 - ปีกเกอร์ 1 ใบ
 - หลอดกาแฟ 1 หลอด
 - หลอดฉีดยา 1 อัน
 - หลอดทดลอง 4 หลอด
 - จุกยาง 4 อัน
 - สำหรัยทางกระบอก 2 ต้น
 - กล้องที่มีฝาปิด 1 กล้อง (ใช้ร่วมกันทั้งห้อง)
 - โคมไฟ 2 ชุด (ใช้ร่วมกันทั้งห้อง)
 - น้ำ
 - สารละลายโบรโมไทมอลบลู

แหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. หนังสือคู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. หนังสือคู่มือชีววิทยา ม.5 เล่ม 3 โดยประสงค์ หล้าสะอาด และจิตเกษม หล้าสะอาด. 2542. กรุงเทพฯ
4. หนังสือชีววิทยา 2. โครงการตำราวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มูลนิธิ สอวน. 2553. กรุงเทพฯ
5. หนังสือ Campbell Biology โดย Reece, J.B. *et al.* 2001., ninth edition. Pearson Education. Californias United States of America.

6. บทความ Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science โดย Lederman, N. G. *et al.* 2002. ในวารสาร Journal of Research in Science Teaching. 39(6): 497–521

7. อินเทอร์เน็ต

- <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/photosynthesis/index.htm>
- <http://www.satit.nu.ac.th/Science/PDF/photosynthesis.pdf>
- http://www.trueplookpanya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=2196

เพิ่มเติมสำหรับครู

การเตรียมสารละลาย 0.04% Bromothymol blue (BTB)

- 1) ชั่ง Bromothymol blue 0.1 กรัม
- 2) ชั่ง NaOH 0.4 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร (0.01N NaOH)
- 3) ปิเปต 16 มิลลิลิตร ของ 0.01N NaOH (ข้อ 2) ละลายใน 0.1 กรัม ของ Bromothymol blue
- 4) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจในแนวคิด	1. การถามตอบในชั้นเรียน 2. การบันทึกในใบกิจกรรม	1. ใบกิจกรรมที่ 1	ตามเกณฑ์รูบรีค ดังนี้ 5 ข้อความในช่อง P O E มีความสอดคล้องกัน สามารถอธิบายโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 4 ข้อความในช่อง P O E มีความสอดคล้องกัน และสามารถอธิบายโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องบางส่วน 3 ข้อความในช่อง P O E มีความสอดคล้องกัน และสามารถอธิบายโดยเชื่อมโยงแนวคิดทาง

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

การวัดผลประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การให้คะแนน
			วิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องบางส่วน และคลาดเคลื่อนบางส่วน 2 ข้อความในช่อง P O E มีความสอดคล้องกัน แต่ไม่สามารถอธิบายโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง 1 ในช่อง P O E ไม่มีความสอดคล้องกัน และไม่สามารถอธิบายโดยเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในช่อง E ได้ถูกต้อง 0 ไม่ส่งงาน
2. ด้านมุมมอง ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์	1. การอภิปรายในชั้นเรียน 2. การบันทึกในอนุทิน	1. แบบบันทึก อนุทิน	วิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)
3. ด้านจิตวิทยาศาสตร์ - มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ - การแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม - รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น - ให้ความร่วมมือในการทำงาน - สามารถสื่อสารหรือใช้ภาษาเพื่ออธิบายความคิดแก่ผู้อื่น	1. ครูดูจากพฤติกรรมในชั้นเรียน 2. ครูให้นักเรียนประเมินตนเองและเพื่อนในกลุ่ม	แบบประเมินการทำงานกลุ่ม	ตามเกณฑ์รูบรีค ดังนี้ 5 เมื่อได้คะแนนรวม 16 - 20 คะแนน 4 เมื่อได้คะแนนรวม 13 - 16 คะแนน 3 เมื่อได้คะแนนรวม 9 - 12 คะแนน 2 เมื่อได้คะแนนรวม 5 - 8 คะแนน 1 เมื่อได้คะแนนรวม 1 - 4 คะแนน 0 เมื่อไม่ได้ร่วมทำกิจกรรม

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

แบบประเมินพฤติกรรมการทำงานกลุ่ม

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม ให้นักเรียนวงกลมล้อมรอบหมายเลขหน้าชื่อผู้ประเมิน

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ดีมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ดี

ระดับคะแนน 2 หมายถึง พอใช้

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

การประเมินครั้งที่.....วัน/เดือน/ปี.....

ตารางประเมินผลการทำกิจกรรมกลุ่ม

พฤติกรรม	หมายเลขของผู้ถูกประเมิน				
	1	2	3	4	5
1. มีความสงสัยและกระตือรือร้นที่จะหาคำตอบ					
2. การแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม					
3. รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					
4. ให้ความร่วมมือในการทำงาน					
5. สามารถสื่อสารหรือใช้ภาษาเพื่ออธิบายความคิดหรือความรู้แก่ผู้อื่น					
คะแนนรวม					

ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นอื่น ๆ

.....

.....

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง



ภาคผนวก จ
เครื่องมืออื่นๆ ที่ใช้ในการวิจัย



เครื่องมือที่ 1 แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้

บันทึกผลหลังการสอนแผนที่.....เรื่อง.....

รายการการบันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน					
					
					
					
					
					
					

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

รายการการบันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
ชั้นสอน - นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์					
- นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ - นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถาม					

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

รายการการบันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
- นักเรียนสื่อสาร และพร้อมแสดง หลักฐานที่ สนับสนุน คำอธิบาย ดังกล่าวกับผู้อื่น					
- นักเรียนประเมิน การเชื่อมโยง คำอธิบายไปสู่ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์					
ขั้นสรุป					

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

รายการการบันทึก	กิจกรรมที่ใช้	ผลการใช้กิจกรรม	จุดเด่นในกิจกรรม	จุดด้อยที่ควรพัฒนา	แนวทางการพัฒนา
การบ่งชี้ประเด็น ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์					
					
					
					
					
					
					
การวัดผล					
					
					
					
					
					
					

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

ความคิดเห็นอื่น ๆ

ปัญหาและอุปสรรค

แนวทางการแก้ไข

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางสาวอังคณา ปัทมพงศา)

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

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เครื่องมือที่ 2 แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย

แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย

แผนการสอนที่.....เรื่อง.....

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ชื่อครูผู้ช่วยวิจัย.....

คำชี้แจง: แบบสังเกตการสอนของครูผู้ช่วยวิจัย สร้างขึ้นเพื่อให้ครูผู้ช่วยวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครู ขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจนกระทั่งเสร็จสิ้นการสอน เพื่อนำผลการสังเกตไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในครั้งต่อไป โดยแบ่งการสังเกตเป็นด้านๆ ดังนี้

1. ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้: โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของครูและนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนการสอนตามขั้นตอนและกระบวนการ

รายการ สังเกต	พฤติกรรมที่สังเกตพบ	
	ครู	นักเรียน
ขั้นนำเข้าสู่ บทเรียน		
ขั้นสอน		
ขั้นสรุป		

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

รายการ สังเกต	พฤติกรรมที่สังเกตพบ	
	ครู	นักเรียน
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
การบ่งชี้ ประเด็น ธรรมชาติ ของวิทยา ศาสตร์		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
		
การวัดผล		
		
		
		
		
		
		
		

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

2. ด้านองค์ประกอบการจัดการเรียนรู้

องค์ประกอบการจัดการเรียนรู้	ความเหมาะสม		ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม	ไม่เหมาะสม	
การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 1. นักเรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามเชิงวิทยาศาสตร์			
2. นักเรียนหาหลักฐานเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์			
3. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานเพื่อตอบคำถามเชิงวิทยาศาสตร์			
4. นักเรียนสื่อสารและพร้อมแสดงหลักฐานที่สนับสนุนคำอธิบายดังกล่าวกับผู้อื่น			

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

องค์ประกอบ การจัดการเรียนรู้	ความเหมาะสม		ข้อเสนอแนะ
	เหมาะสม	ไม่ เหมาะสม	
5. นักเรียน ประเมินการ เชื่อมโยง คำอธิบายไปสู่ ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์			
ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ 1. การบ่งชี้ ประเด็น ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ของครู			
2. การสะท้อน มุมมอง ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ ของนักเรียน			

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

3. ด้านเนื้อหา: โดยพิจารณาจากเนื้อหาที่ใช้ในการเรียนการสอน มีการเรียงลำดับความยากง่าย ปริมาณเนื้อหา เหมาะสมกับระดับความรู้ของนักเรียนหรือไม่

☐ เหมาะสม ☐ ไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

4. ด้านสื่อการสอน: โดยพิจารณาจากสื่อการเรียนการสอนมีความเหมาะสมหรือไม่ ปัญหาและอุปสรรคในการใช้สื่อการเรียนการสอนเป็นอย่างไร

☐ เหมาะสม ☐ ไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

5. ด้านเวลา: โดยพิจารณาการสอนว่ามีความเหมาะสมหรือไม่

☐ เหมาะสม ☐ ไม่เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

6. ข้อเสนอแนะอื่นๆ เพิ่มเติม

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สังเกต

(.....)

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

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง



เครื่องมือที่ 3 แบบบันทึกอนุทินของนักเรียน

กิจกรรมในชั้นเรียน

.....

.....

สิ่งที่ได้เรียนรู้

- เนื้อหาเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

.....

.....

- ความเป็นวิทยาศาสตร์

.....

.....

ข้อสงสัยหรือประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ

.....

.....

ความรู้สึkst่อกิจกรรมการเรียนในภาพรวม

.....

.....

ข้อเสนอแนะสำหรับการสอนของครู

.....

.....

.....

.....



เครื่องมือที่ 4 ใบกิจกรรมประกอบการเรียนรู้ในห้องเรียน

ใบกิจกรรมที่ 1

กิจกรรมน้ำเปลี่ยนสี

คำชี้แจง : ให้นักเรียนสังเกตการทดลองต่อไปนี้แล้วบันทึกผลการทำนาย (Predict) สังเกต (Observe) และอธิบาย (Explain) ลงในตารางที่กำหนดให้

จุดประสงค์การทำกิจกรรม

.....

.....

วัสดุอุปกรณ์ (ต่อกลุ่ม)

1. บีกเกอร์	1 ใบ
2. หลอดกาแฟ	1 หลอด
3. หลอดฉีดยา	1 อัน
4. หลอดทดลอง	4 หลอด
5. จุกยาง	4 อัน
6. สาท้ายหางกระรอก	2 ต้น
7. กलोंที่มีฝาปิด	1 กलों (ใช้ร่วมกันทั้งห้อง)
8. โคมไฟ	2 ชุด (ใช้ร่วมกันทั้งห้อง)

สารเคมี

1. น้ำ
2. สารละลายโบรโมไทมอลบลู

วิธีการศึกษา

ตอนที่ 1 ทดสอบอินดิเคเตอร์

1. ใส่น้ำในบีกเกอร์ 150 มิลลิลิตร เติมสารละลายโบรโมไทมอลบลูลงไป 4 มิลลิลิตร
2. เป่าอากาศลงไปบีกเกอร์ สังเกตการเปลี่ยนแปลงบันทึกลงในตารางช่อง O (Observe)
3. อธิบายผลการทดลอง บันทึกลงในตาราง ช่อง E (Explain)

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

ตอนที่ 2 การสังเคราะห์ด้วยแสง

1. นำน้ำในบีกเกอร์ในตอนที่ 1 แบ่งใส่หลอดทดลองขนาดใหญ่ หลอดละประมาณ 30 มิลลิลิตร จำนวน 4 หลอด
2. นำสาหร่ายหางกระรอกใส่ในหลอดทดลอง 2 หลอด แล้วแบ่งเป็น 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีหลอดที่มีสาหร่ายหางกระรอก 1 หลอด และไม่มีสาหร่ายหางกระรอก 1 หลอด
3. นำหลอดทดลองชุดที่ 1 วางไว้บนโต๊ะ ให้แสงจากโคมไฟ
4. นำหลอดทดลองชุดที่ 2 วางในลังที่มีฝาปิด
5. ปลอ่ยไว้ 30 นาที สังเกตผลการทดลองและบันทึกลงในตารางช่อง O (Observe)
6. อธิบายผลการทดลอง บันทึกลงในตาราง ช่อง E (Explain)

การบันทึกผลการศึกษา

P(Predict) นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้น	O (Observe) นักเรียนสังเกตและบันทึก ผลการทดลอง	E (Explain) นักเรียนอธิบายผลการทดลองที่ เกิดขึ้นและเชื่อมโยงคำอธิบาย ไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
ตอนที่ 1 ทดสอบอินดิเคเตอร์		

ห้ามนำไปใช้ทางการค้า ให้ใช้ได้ในการสอนวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยอ้างอิงผู้สร้าง / พัฒนาทุกครั้ง

5. ในการสังเคราะห์แสงมีการเปลี่ยนจากพลังงาน.....เป็นพลังงาน.....
 ซึ่งเก็บอยู่ในโมเลกุลของสาร(อินทรีย์/อนินทรีย์).....ประเภท.....
 6. สารตั้งต้นในการสังเคราะห์ด้วยแสงจัดเป็นสาร (อินทรีย์/อนินทรีย์).....

การสังเคราะห์ด้วยแสง คือ

.....

.....

.....

.....

.....



สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ถูกต้องเขียนได้ว่า

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอังคณา ปัทมพงศา
วัน เดือน ปีที่เกิด	3 มีนาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประกาศนียบัตรบัณฑิตวิชาชีพครู คณะคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตำแหน่งปัจจุบัน	ครู อันดับ ก.ศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนหอวัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	ครูดีเด่น ด้านการสอน ประจำปี 2552 โรงเรียนหอวัง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนศึกษาต่อปริญญาโทจากสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี