ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ปฐมรัฐ คูหา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ปฐมรัฐ ดูหา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

..... กรรมการ

(ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

..... กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... กรรมการ

(ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่ 18 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2560

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษ
ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ และ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้งานและให้ข้อเสนอแนะ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ อาจารย์มันทนา เมฆิยานนท์ อาจารย์พนา ทนะแสง และอาจารย์สุวะรินทร์ บุญส่ง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบ รวมทั้งให้คำแนะนำในการแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ให้มีคุณภาพ นอกจากนี้ ยังได้รับความอนุเคราะห์จากท่านผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ตลอดจนเพื่อนครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ให้ความร่วมมืออย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสำรอง คุณแม่มาลัย คูหา สมาชิกทุกคนในครอบครัว รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ปฐมรัฐ คูหา

56910204: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)/ การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์/ มโนทัศน์ทางชีววิทยา/ ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ปฐมรัฐ คูหา: ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (THE EFFECTS OF INQUIRY LEARNING CYCLE (5E) WITH CONCEPT-BASED INSTRUCTION IN PHOTOSYNTHESIS ON BIOLOGICAL CONCEPTS AND SCIENCE COMMUNICATION ABILITIES OF THE ELEVENTH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธ์พฤกษา, กศ.ด., เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด., สมศิริ สิงห์ลพ, กศ.ด. 200 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา และแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ยของคะแนน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยพบว่า

1. มโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

56910204: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: INQUIRY LEARNING CYCLE (5E)/ CONCEPT-BASED INSTRUCTION/ BIOLOGICAL CONCEPTS/ SCIENCE COMMUNICATION ABILITIES

PATHOMRAT KHUHA: THE EFFECTS OF INQUIRY LEARNING CYCLE (5E) WITH CONCEPT-BASED INSTRUCTION IN PHOTOSYNTHESIS ON BIOLOGICAL CONCEPTS AND SCIENCE COMMUNICATION ABILITIES OF THE ELEVENTH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEES: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D., CHADE SIRISAWAT, Ed.D., SOMSIRI SINGLOP, Ed.D. 200 P. 2017.

The purposes of this research were to compare biological concepts and science communication abilities of students before learning with inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction on Photosynthesis with post learning with inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction and to compare biological concepts of students after using inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction on Photosynthesis with the 70 percent criterion. The participants were thirty-three eleventh grade students at Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University, in the second semester of the 2016 academic year. They were selected by using cluster random sampling technique. The research instruments were lesson plans based on inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction on Photosynthesis, the biological concepts test, and the science communication abilities test. The data were analyzed by mean, standard deviation, *t*-test for dependent samples, and *t*-test for one sample.

The findings were as follows:

1. The posttest scores of students' biological concepts and science communication abilities after using inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction on Photosynthesis were statistically significant higher than the pretest scores at the .05 level

2. The posttest scores of students' biological concepts after using inquiry learning cycle (5E) with concept-based instruction on Photosynthesis were statistically significant higher than the 70 percent criterion.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... จ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ขอบเขตการวิจัย..... 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

นิยามศัพท์เฉพาะ..... 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 9

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551..... 9

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)..... 16

การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์..... 33

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์..... 39

มโนทัศน์ทางชีววิทยา..... 47

ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์..... 54

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 71

3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 77

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย..... 77

รูปแบบการวิจัย..... 78

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	78
	การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	78
	วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	102
	การวิเคราะห์ข้อมูล	102
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	103
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	107
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	107
	การวิเคราะห์ข้อมูล	107
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	108
5	สรุปผลอภิปรายและข้อเสนอแนะ	111
	สรุปผลการวิจัย	111
	อภิปรายผลการวิจัย	112
	ข้อเสนอแนะ	117
บรรณานุกรม		118
ภาคผนวก		128
	ภาคผนวก ก	129
	ภาคผนวก ข	134
	ภาคผนวก ค	150
	ภาคผนวก ง	156
ประวัติย่อของผู้วิจัย		200

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)..... 26

2-2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)..... 28

2-3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์..... 40

3-1 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนสอบหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)..... 78

3-2 เนื้อหาวิชาและจำนวนชั่วโมงที่ใช้..... 79

3-3 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา..... 86

3-4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา..... 96

4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน..... 108

4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70..... 109

4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงก่อนเรียนและหลังเรียน..... 110

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 6

2-1 ขั้นตอนของรูปแบบการสอนเพื่อเสริมสร้างทักษะการสื่อสาร..... 65

3-1 ผังขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้..... 85

3-2 ผังขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา..... 98

3-3 ผังขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร
ทางวิทยาศาสตร์..... 101

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิชาวิทยาศาสตร์มีความสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่สามารถตรวจสอบได้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, หน้า 1) ดังนั้น กระบวนการศึกษาและการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์แก่พลเมืองโลกและเยาวชนจึงมีความสำคัญยิ่งในยุคปัจจุบัน

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 และ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 มาตรา 6 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์ของแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559) ที่มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาคนไทยให้เป็นคนดี คนเก่ง มีความสุข มีความรู้เชิงวิชาการ ใฝ่เรียนรู้และแสวงหาความรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต มีสุขภาพทั้งทางกายและใจที่สมบูรณ์ มีคุณธรรม จริยธรรมในการดำรงชีวิต สามารถประกอบอาชีพอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข เพื่อเป็นเป้าหมายและฐานหลักของการพัฒนาประเทศ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ, 2553) โดยการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งหวังให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551, หน้า 1) โดยในทุกมาตรฐานการเรียนรู้ระบุว่า ผู้เรียนจะต้องเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งการทำความเข้าใจในมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง จะช่วยให้นักเรียนสามารถจำแนก

เรื่องราวต่าง ๆ ที่ซับซ้อนทางวิทยาศาสตร์ และยังช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล อันเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการค้นคว้าหาความรู้ในด้านอื่น ๆ ต่อไป (บรรจง สิทธิ, 2537)

ถึงแม้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต แต่ความสามารถเชิงวิชาการในด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยยังคงต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งพิจารณาได้จากรายงานสรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555-2558 พบว่า คะแนนผลการสอบต่ำมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 33.09, 30.48, 32.54 และ 33.40 ตามลำดับ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2558) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยไม่ถึงครึ่งของคะแนนเต็ม สอดคล้องกับรายงานการวิจัย เรื่อง ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ทำให้คะแนนการสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่ำ เนื่องจากครูส่วนใหญ่ยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย มุ่งเน้นให้เด็กท่องจำ จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นครูเป็นสำคัญมากกว่าการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และไม่ได้ฝึกทักษะการคิดให้นักเรียน และส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดวิเคราะห์ไม่เป็น (เอื้อมพร หลินเจริญ, สิริศักดิ์ อาจวิชัย และภีรภา จันทร์อินทร์, 2552, หน้า 70) ประกอบกับรายงานการประเมินการรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) โครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment หรือ PISA) ซึ่งประเมินด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การระบุประเด็นวิทยาศาสตร์ การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบที่เน้นความเข้าใจในเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการประเมินพบว่า ในปี ค.ศ. 2000, 2003, 2006, 2009 และ 2012 นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 421, 432, 429, 425 และ 444 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานขององค์กรเพื่อความร่วมมือและพัฒนาเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development : OECD) ที่ได้กำหนดคะแนนเฉลี่ยมาตรฐานที่ 500 คะแนน จัดว่ามีค่าเฉลี่ยคะแนนการรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในกลุ่มต่ำ แสดงให้เห็นถึงการขาดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย (สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์, 2550, หน้า 61-79) และจากการที่ผู้วิจัยได้ไปสังเกตชั้นเรียน โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา และสัมภาษณ์ครูผู้สอน พบว่า เนื้อหาในบทเรียนเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ยังคงเป็นบทเรียนหนึ่งที่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนรู้ และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ยังไม่อยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ยังขาดความเข้าใจในความคิดรวบยอด แก่นหรือประเด็นหลักของเนื้อหา ขาดทักษะการวิเคราะห์ การเชื่อมโยงความรู้ และความสนใจในการเรียนวิชาชีววิทยา นักเรียนบางส่วนมองว่าวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่ต้องอาศัยการท่องจำเท่านั้น และมีเนื้อหาวิชาที่ซับซ้อนและรายละเอียดค่อนข้างมาก จึงไม่สามารถจับมโนทัศน์หรือประเด็นที่สำคัญ ๆ ทั้งหมดใน

เนื้อหาได้ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ (มันทนา เมฆิยานนท์, สัมภาษณ์, 22 มิถุนายน 2559) สอดคล้องกับภาณินี เทพหนู (2546, หน้า 4) ซึ่งกล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยาที่ผ่านมา นักเรียนเรียนด้วยความเคร่งเครียด และยังถูกมองว่าเป็นวิชาที่น่าเบื่อ เพราะเป็นเนื้อหาที่จะต้องจดจำ ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้ผลในวิชาวิทยาศาสตร์ คือ การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry approach) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ตั้งคำถาม ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและค้นหาคำตอบได้เอง ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การสร้างความสนใจ การสำรวจค้นคว้า การอธิบาย การขยายความรู้ และการประเมิน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และมีความรู้ด้านศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น มีทักษะในการคิดวิเคราะห์ มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ คุ้นเคยกับกระบวนการหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์มีกระบวนการค้นหาความรู้อย่างไร และประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สู่ประเด็นทางสังคมและประเด็นเกี่ยวกับบุคคลได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546 ก) สอดคล้องกับงานวิจัยของวันเพ็ญ บูรณสุข, สุธี พรรณหาญ และศักดิ์ สุวรรณฉาย (2556, หน้า 134) ซึ่งได้ศึกษาเรื่องการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 73.33 ของคะแนนเต็ม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือร้อยละ 65 และงานวิจัยของของสุรีรัตน์ สินกัน (2554, หน้า 67) ที่ได้ศึกษาผลของการพัฒนามโนทัศน์โดยใช้กระบวนการสืบเสาะในเรื่อง พื้นที่ผิวและปริมาตร พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการพัฒนามโนทัศน์โดยใช้การสืบเสาะสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05 นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของอภิวรรณ แก้วภูสี (2556, หน้า 81-83) เรื่อง ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่ม พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการอ่านหลังเรียนสูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการอ่านก่อนเรียน และในส่วนของการเขียน พบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการเขียน สูงกว่าค่าเฉลี่ยความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการเขียนก่อนเรียน

นอกจากนี้ การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ และสามารถนำมโนทัศน์นั้นไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ สอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545, หน้า 3) ซึ่งกล่าวว่าในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่ก่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นต้องจัดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และค้นพบด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Process of science) รวมทั้งให้เกิดทักษะสำคัญในการค้นคว้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสามารถนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นไปใช้สร้างประโยชน์ต่อสังคมและพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ และจากการศึกษาของแสงเดือน เจริญฉิม (2552) ที่ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่เสริมสร้างมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองและสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อสนองต่อวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2553 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และแนวทางการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงก่อนเรียนและหลังเรียน

2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

สมมติฐานของการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ทั้งหมด 4 ห้องเรียน จำนวน 127 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 33 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์ทางชีววิทยาและทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ วิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

- การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง
- กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- Photorespiration และกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4

- กลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

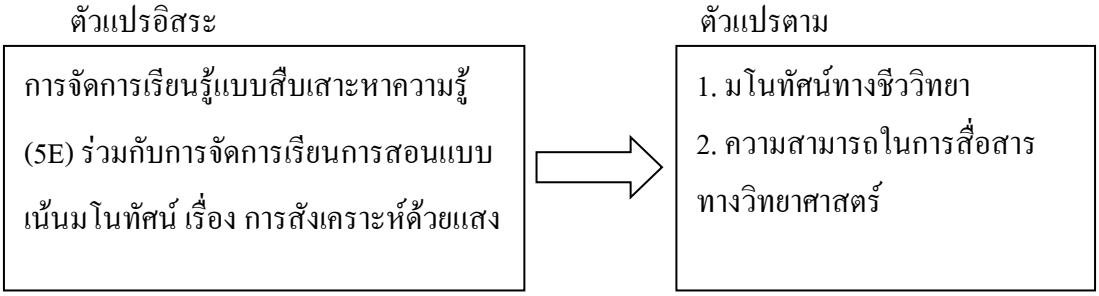
- การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีการพัฒนาด้านมโนทัศน์ทางชีววิทยา และด้านความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เตรียมไว้ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย และกระตือรือร้นในการค้นหาคำตอบ พร้อมชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงแนวทางการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งมโนทัศน์ทางชีววิทยา

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนตั้งสมมติฐาน ออกแบบแนวคิดในการค้นหาคำตอบ โดยครูเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน

ในแต่ละหัวข้อของบทเรียน เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนลงมือตรวจสอบสมมติฐานของตนเองอย่างเหมาะสม

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยการบอกคุณสมบัติเฉพาะของคำตอบที่ได้จากการค้นคว้า วิเคราะห์ แปลผล และอธิบายคำตอบ รวมถึงการสรุปและให้นิยามหรือคำจำกัดความสั้น ๆ

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือเนื้อหาในบทเรียนต่อไป โดยมีครูร่วมอภิปรายในชั้นเรียนหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ว่านักเรียนมีวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างไร และมีการประมวลคำตอบเพื่อนำมาสร้างมโนทัศน์ใหม่อย่างไร

1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินมโนทัศน์ของนักเรียนด้วยแบบฝึกหัด และใบกิจกรรมต่าง ๆ

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ที่สรุปเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาชีววิทยา หรือบทเรียนชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่นักเรียนได้เรียน สามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา หมายถึง เครื่องมือประเมินมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และการให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ rubric scores แต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 3 คะแนน ซึ่งประเมินจากลักษณะของการตอบ 4 แบบ คือ มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ 3 คะแนน มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ 2 คะแนน มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน 1 คะแนน และความเข้าใจผิด 0 คะแนน

4. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความเข้าใจและประสิทธิภาพในการถ่ายทอดความรู้ให้เกิดขึ้นอีกครั้ง ซึ่งจะผ่านการวัดความสามารถในการสื่อสารทางด้านการอ่าน และการเขียน โดยยืนอยู่บนพื้นฐานของความชัดเจนในข้อมูลและความเป็นเหตุเป็นผล สามารถวัดได้จากแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือประเมินทักษะในการสื่อสารด้านการอ่านและการเขียนในเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ลักษณะข้อสอบเป็นแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ แบ่งเป็นแบบทดสอบ

ทักษะการอ่าน 2 ข้อ และแบบทดสอบทักษะการเขียน 2 ข้อ โดยใช้วิธีการให้คะแนนแบบ Rubric scores

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง เกณฑ์การวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ซึ่งเป็นคะแนนขั้นต่ำที่ยอมรับว่าหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แล้วนักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาผ่านเกณฑ์ ในที่นี้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่กำหนดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา พุทธศักราช 2551 เมื่อนักเรียนสามารถทำคะแนนได้มากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 จะถือได้ว่านักเรียนมีมโนทัศน์ทางชีววิทยาอยู่ในระดับดี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)
3. การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์
5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
6. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลเมืองโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ

3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีและมีทักษะชีวิต

3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนด ช่วยผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยน

ข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้ง การเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสาร ด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิด สังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้าง องค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรค ต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึง ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและ ความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและ สภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยี ด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง

6. มุ่งมั่นในการทำงาน

7. รักความเป็นไทย

8. มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนได้ศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาที่ถูกกำหนดไว้ในทั้งหมด 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้

ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้ จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1. ตัวชี้วัดชั้นปีเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1-มัธยมศึกษาปีที่ 3)

2. ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียน ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1: เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2: ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1: เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2: เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3: สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1: เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2: เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายการเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4: แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1: เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2: เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5: พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1: เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6: กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1: เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7: ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1: เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2: เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศและทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

คำอธิบายรายวิชา

ชีววิทยา 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เวลาเรียน 80 ชั่วโมง จำนวน 2.0 หน่วยกิต

ศึกษาค้นคว้า และทำปฏิบัติการเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของราก ลำต้น และใบ ศึกษาการคายน้ำ การลำเลียงน้ำ ธาตุอาหารและสารอาหารของพืช กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โฟโตเรสไพเรชัน กลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_4 และพืชซีเอเอ็ม (CAM) ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง การวัดการเจริญเติบโตของพืช สารควบคุมการเจริญ เติบโตของพืช และการตอบสนองของพืชต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิดความเข้าใจ สามารถสื่อสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันและดูแลสิ่งมีชีวิตอื่นได้

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความหมายและลักษณะสำคัญของเนื้อเยื่อเจริญ และเนื้อเยื่อถาวรของพืชได้

2. ทำปฏิบัติการเกี่ยวกับโครงสร้างของราก ลำต้น และใบทั้งภายนอกและภายในได้ ตลอดจนอธิบายชนิด และ หน้าที่ได้

3. จำแนกพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวโดยใช้โครงสร้างภายในของรากและลำต้นได้

4. จำแนกพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวโดยใช้โครงสร้างภายในของรากและลำต้นได้

5. อธิบายถึงโครงสร้าง แหล่งที่เกิด และกลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สของพืชได้

6. บอกความหมาย กลไกการคายน้ำและปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชได้

7. อธิบายกลไกการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุอาหารของพืช รวมทั้งบอกอาการที่พืชตอบสนองต่อธาตุอาหารบางชนิดได้

8. อธิบายการเคลื่อนย้ายสารอาหารในพืช รวมทั้งกระบวนการลำเลียงสารอาหารในพืชได้

9. อภิปราย และสรุปความรู้ที่ได้เกี่ยวกับการลำเลียงสารของพืชไปใช้ในการปลูกพืชแบบไร้ดินได้

10. อธิบายประวัติการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

11. อธิบายและสรุปปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้ (Light reaction และ Dark reaction)

12. อธิบายโครงสร้างของคลอโรพลาสต์และรงควัตถุที่ใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

13. อธิบายกลไกการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในพืช C_3 พืช C_4 และพืช CAM ได้

14. ระบุและอธิบายปัจจัยบางประการที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

15. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้างและหน้าที่ของดอก รวมทั้งระบุโครงสร้างของดอกที่สำคัญบางชนิดได้ (ดอกกล้วย ดอกข้าว และดอกข้าวโพด)

16. อธิบายการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชดอก รวมทั้งการถ่ายละอองเรณูและการปฏิสนธิซ้อนได้

17. อธิบายและเปรียบเทียบความแตกต่างของวงจรชีวิตพืชต่าง ๆ ได้

18. อธิบายการเกิดผล รวมทั้งสามารถระบุชนิดของผลได้ (ผลเดี่ยว ผลรวม ผลกลุ่ม)

19. อธิบายการเกิดเมล็ดและส่วนประกอบของเมล็ดได้ รวมทั้งระบุข้อแตกต่างของเมล็ดพืชใบเลี้ยงคู่และ พืชใบเลี้ยงเดี่ยวบางชนิดได้

20. อธิบายการงอกของเมล็ด การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะเมล็ดงอกและปัจจัยบางประการในการงอกของเมล็ด รวมทั้งอธิบายสาเหตุบางประการของการพักตัวของเมล็ดได้

21. บอกวิธีการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และคำนวณดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ได้

22. อธิบายถึงการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของพืชดอกและการขยายพันธุ์พืชได้

23. อธิบายประวัติการค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองของพืชได้

24. สรุปเกี่ยวกับหน้าที่ของฮอร์โมนพืชชนิดต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลของพืชได้

25. อธิบายการตอบสนองของพืชที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้าภายนอกได้

26. ใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการทำปฏิบัติการ รวบรวม และสรุปผลการทำปฏิบัติการ ในเรื่องต่าง ๆ ที่กำหนดให้ได้

27. เพื่อให้ผู้เรียนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม ค่านิยม และสามารถดูแลรักษาสิ่งมีชีวิตอื่นได้

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้เนื้อหาในสาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 ภายใต้ผลการเรียนรู้ข้อที่ 10-14 ซึ่งเป็นผลการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบทเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ เพื่อประกอบการศึกษาวิจัย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ประวัติความเป็นมาและแนวคิดพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ระยะแรกพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ในเรื่องการปรับขยายโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Assimilation) การปรับรื้อโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Accommodation) และการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Organization) ซึ่งมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) และขั้นการอธิบาย (Explanation) (Reilly & Lewis, 1983 อ้างถึงใน ไพฑูรย์ ศรีสุขงาม, 2545)

โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) และคณะ ได้นำเสนอยุทธวิธีนี้เพื่อปรับผลสัมฤทธิ์การเรียนวิทยาศาสตร์ และพัฒนาทักษะกระบวนการเด็ก ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) และการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ขั้นตอนเหล่านี้ได้มีการจัดเรียงลำดับ และมีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Renner and Marek, 1990) ต่อมาได้มีกลุ่มนักการศึกษาได้นำวิธีนี้มาใช้ และมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความคิด (Expansion) และการประเมินผล (Evaluation) (Barman, 1989, pp.30-32)

จอห์น ดิวอี้ (John Dewey, 1859-1952) ได้เปิดสอนโรงเรียนทดลองตามทฤษฎีก้าวหน้านิยมขึ้นที่มหาวิทยาลัยชิคาโก โรงเรียนทดลองในระดับประถมศึกษา ซึ่งนักการศึกษาพวกก้าวหน้านิยมเชื่อว่า “เด็กจะเรียนได้ผลดีเมื่อสิ่งที่เขาเรียนตรงกับความต้องการของเขา ไม่ใช่ถูกบังคับให้จำในสิ่งที่ไม่มีความหมาย นักเรียนควรได้เรียนจากของจริงหรือรูปธรรม (Concrete objects), สถานที่, คน, สิ่งแวดล้อม, หนังสือพิมพ์ต่าง ๆ, สิ่งตีพิมพ์ต่าง ๆ” โรงเรียนควรจัดให้เด็กได้พัฒนาทั้งทางด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และจิตใจ นักการศึกษากลุ่มนี้เชื่อว่าควรจะให้เสรีภาพแก่ผู้เรียน การศึกษาเป็นขบวนการที่ต่อเนื่องกันไป (Ragan, 1996 อ้างถึงใน ศุภร ศรีแสน, 2522, หน้า 99)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการสร้างบทเรียนทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist Theory) เป็นการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนได้รับความรู้จากการสืบเสาะ ค้นหา และสำรวจตรวจสอบด้วยตัวเอง จนเกิดความเข้าใจและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 93)

นักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) ได้กล่าวถึงประวัติความเป็นมาของของรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยมีแนวความคิดพื้นฐานมาจากโจฮันน์ เฮอบาร์ท (Johann Herbart), จอห์น ดิวอี้ (John Dewey), ฮีอิส, โอบรัน และ ฮูฟแมน (Heiss, Obourn, & Hoffman) และได้นำรายละเอียดทางจิตวิทยาของเจไมรอน แอทคิน (J. Myron Atkin) และโรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) มาใช้เป็นต้นแบบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5Es ดังนี้ (Bybee, Taylor, Gardner, Scotter, Powell, Westbrook & Landes, 2006)

แนวความคิดพื้นฐานของโจฮันน์ฟรีดริช เฮอบาร์ท (Johann Friedrich Herbart)

โจฮันน์ฟรีดริช เฮอบาร์ท เป็นนักปรัชญาชาวเยอรมันที่มีอิทธิพลต่อการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงศตวรรษที่ 20 วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาของเฮอบาร์ท คือ การพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของนักเรียน เฮอบาร์ทจึงได้พิจารณาแนวคิดที่จะเป็นพื้นฐานการสร้างกรอบของจิตใจ และแนวความคิดในการเรียนด้วยประสาทสัมผัส และเฮอบาร์ทสนใจที่จะสร้างและพัฒนาโครงสร้างทางความคิดที่จะพัฒนาคุณลักษณะเฉพาะของนักเรียนแต่ละคน

เฮอบาร์ท ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจไว้ 2 ข้อ คือ

1. การจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะต้องประกอบด้วย ความสนใจเรียนของนักเรียน โดยความสนใจเรียนของนักเรียนได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประการ ประการแรก คือ มาจากประสบการณ์ตรง ประการที่สอง คือ มาจากการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถใช้ธรรมชาติเข้ามาเป็นประโยชน์ได้ง่าย โดยครูอาจจะนำวัตถุสักชิ้นหนึ่งเข้ามาเพื่อช่วยให้นักเรียน แสดงความคิดเห็นต่อสิ่งนั้น

2. รูปแบบการเรียนการสอนจะเป็นแบบการสร้างมโนทัศน์ ซึ่งสิ่งที่สำคัญมากก็คือการเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งความคิดใหม่จะต้องมีการเกี่ยวโยงสู่ความคิดเดิม สิ่งนี้เป็นจุดที่น่าสนใจของการเรียนการสอน

เฮอบาร์ท ได้สรุปรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเริ่มจากความรู้เดิมและประสบการณ์เดิมของนักเรียน และต่อด้วยความรู้ใหม่ที่นักเรียนได้รับ มาเชื่อมโยงให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอด การสอนที่ดีจะช่วยให้นักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ต่าง ๆ ครูผู้สอนจะแนะนำคำถามและแนะนำวิธีการแบบอ้อม ๆ และขั้นต่อมาครูจะอธิบายสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่เรากำลังจะเรียน โดยไม่คาดหวังว่านักเรียนจะค้นพบสิ่งใดในตอนสุดท้าย ครูจะให้นักเรียนอธิบายความเข้าใจผ่านสถานการณ์ใหม่ ๆ สามารถสรุปรูปแบบของเฮอบาร์ทได้ดังนี้

1. ขั้นเตรียม (Preparation) ครูทบทวนประสบการณ์เดิมให้นักเรียน

2. ขั้นนำเสนอ (Presentation) ครูแนะนำประสบการณ์ใหม่และเชื่อมโยงกับประสบการณ์เก่า

3. ขั้นทั่วไป (Generalization) ครูอธิบายแนวคิดและพัฒนามโนทัศน์ให้นักเรียน

4. ขั้นประยุกต์ (Application) ครูให้นักเรียนแสดงถึงประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับ และแนวคิดที่จะนำไปประยุกต์ใช้

แนวความคิดพื้นฐานของจอห์น ดิวอี้ (John Dewey)

จอห์น ดิวอี้เดิมเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ และได้คิดรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชื่อมต่อระหว่างแนวคิดของดิวอี้และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปออกมาได้เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นได้แก่ การกำหนดปัญหา การสังเกตเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น การกำหนดสมมติฐานสำหรับการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น การขยายขั้นตอนการทำงานหรือหาวิธีแก้ปัญหา และการพิจารณาว่าวิธีการแก้ปัญหาใดจะให้ทางออกที่ดีที่สุดสำหรับปัญหานั้น โดยรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของจอห์น มีดังนี้

1. ขั้นสร้างสถานการณ์ที่น่าสนใจ (Sensing perplexing situations) ครูนำเสนอประสบการณ์ที่นักเรียนจะรู้สึกว่าเป็นปัญหา

2. ขั้นชี้แจงปัญหา (Clarifying the problem) ครูจะช่วยให้นักเรียนระบุและกำหนดปัญหา

3. ขั้นการกำหนดสมมติฐานเบื้องต้น (Formulating a tentative hypothesis) ครูเปิดโอกาสสำหรับนักเรียนที่จะสร้างสมมติฐานและพยายามที่จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและประสบการณ์เดิมของนักเรียน

4. ขั้นทดสอบสมมติฐาน (Testing the hypothesis) ครูให้นักเรียนมีการทดลองที่หลากหลายประเภทเพื่อทดสอบสมมติฐาน

5. ขั้นการตรวจสอบสมมติฐาน (Revising rigorous tests) ครูแสดงการทดสอบว่ามีทั้งการยอมรับสมมติฐานและการปฏิเสธสมมติฐาน

6. ขั้นการแก้ปัญหา (Acting on the solution) ครูถามนักเรียนและให้นักเรียนอธิบายความคิดใหม่ที่ได้ สรุปและแสดงให้เห็นว่าสามารถทำได้จริง

แนวความคิดพื้นฐานของฮีอิส, โอบรัน และ ฮูฟแมน (Heiss, Obourn & Hoffman)

ในปี ค.ศ. 1950 ฮีอิส, โอบรัน และฮูฟแมน (Heiss, Obourn & Hoffman) ได้ปรับปรุงรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของดิวอี้ และให้ชื่อเรียกว่า วัฏจักรการเรียนรู้ ดังนี้

1. สำรวจบทเรียน (Exploring the unit) นักเรียนสังเกต อธิบายให้เหตุผลเพื่อตั้งคำถาม เสนอสมมติฐานเพื่อตอบคำถาม และวางแผนการทดลอง

2. ประสบการณ์ที่ได้รับ (Experience getting) นักเรียนทดสอบสมมติฐาน เก็บรวบรวมและแปลผลข้อมูล และสร้างข้อสรุป

3. การจัดความรู้อย่างเป็นระบบ (Organization of learning) นักเรียนจัดเตรียมข้อมูล ผลลัพธ์ และข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง

4. การประยุกต์ใช้ความรู้ (Application of learning) นักเรียนนำข้อมูล ความคิดรวบยอดและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

แนวความคิดพื้นฐานวัฏจักรการเรียนรู้ แอทคิน-คาร์ปลัส (The Atkin-Karplus Learning Cycle)

ในช่วงปลายปี ค.ศ. 1950 และในช่วงต้นปี ค.ศ. 1960 ยุคของการปฏิรูปหลักสูตรรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้ ของแอทคิน-คาร์ปลัสเป็นรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถูกจัดให้เป็นกลยุทธ์ขั้นพื้นฐานเพื่อพัฒนาบทเรียนโดยการศึกษาวิทยาศาสตร์ประถมศึกษา (Elementary Science Study: ESS) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ซึ่งวัฏจักรการเรียนรู้ ของแอทคิน-คาร์ปลัส ถูกใช้เป็นรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS) แบ่งออกเป็นสามขั้นตอนประกอบด้วย การสำรวจเบื้องต้น การประดิษฐ์ และการค้นพบ ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration) นักเรียนมีประสบการณ์ครั้งแรกกับปรากฏการณ์

2. ขั้นประดิษฐ์ (Invention) นักเรียนได้รับการแนะนำให้รู้จักกับคำศัพท์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับแนวความคิดที่มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา

3. ขั้นค้นพบ (Discover) นักเรียนนำแนวคิดและคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องไปใช้แต่เป็นสถานการณ์ใหม่

หลังจากนั้นในช่วงกลางปี ค.ศ. 1980 BSCS ได้นำวัฏจักรการเรียนรู้ของแอทคิน-คาร์ปลัสหรือ รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS) ไปเป็นแนวคิดพื้นฐานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีการเพิ่มขั้นตอนย่อยของรูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (SCIS) และเรียกชื่อใหม่เป็น รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้5E ของ BSCS ซึ่งสามารถเปรียบเทียบมีขั้นตอนของรูปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ SCIS และ รูปการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5E ของ BSCS ดังนี้

1. Engagement (ขั้นตอนใหม่)

2. Exploration (ปรับปรุงจาก SCIS)

3. Explanation (ปรับปรุงจาก SCIS)

4. Elaboration (ปรับปรุงจาก SCIS)

5. Evaluation (ขั้นตอนใหม่)

จากการศึกษาประวัติความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ทำให้ผู้วิจัยทราบถึงพื้นฐานของทฤษฎีดั้งเดิม ทฤษฎีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง และพัฒนาการของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้

จากรูปแบบในอดีต จนกระทั่งได้รับการพัฒนาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) ที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

ความหมายการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

คาริน และซันด์ (Carin & Sund, 1975, pp. 97-140) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการใช้กระบวนการทางสมองของตนเองหาความรู้ในลักษณะการทำกิจกรรมเหมือนผู้ใหญ่ (Maturing adult) ในการแก้ปัญหา โดยการตั้งสมมติฐานและการออกแบบการทดลอง เพื่อหาวิธีการต่าง ๆ สืบเสาะถึงปรากฏการณ์ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ ซึ่งความสำเร็จของการสอนแบบนี้จะขึ้นอยู่กับระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน และสมรรถภาพของครูผู้สอน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537, หน้า 119) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

กรมวิชาการ (2546 ข, หน้า 80) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่า หมายถึง การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือนำไปประยุกต์ใช้อธิบายเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ

ศิลา สงอาจินต์ (2551, หน้า 41) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่า เป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนค้นหาความจริงโดยการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เน้นกิจกรรมของผู้เรียน มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ สำรวจ ตรวจสอบด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

เจริญสุข คงชาติ (2552, หน้า 10) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมของการเรียน

การสอน และมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเองอย่างมีเหตุผล โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูผู้สอนมีหน้าที่จัดบรรยากาศการสอนให้เอื้อต่อการเรียนรู้

ทิศนา แขมมณี (2556, หน้า 141) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ดำเนินวิธีการจัดการเรียนรู้ตามศักยภาพของนักเรียน เพื่อยกระดับองค์ความรู้ของนักเรียนให้พัฒนาขึ้นไปอีกขั้น นักเรียนได้มีโอกาสออกแบบกระบวนการแก้ไขปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติ และสรุปผลการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ชี้นำแนวปฏิบัติและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้แก่นักเรียน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

มีนักการศึกษาและสถาบันการศึกษา ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ดังต่อไปนี้

บายบี และคณะ (Bybee et al., 2006, pp. 8-10) ซึ่งเป็นนักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนแรกที่ครูจะยก วัตถุ ปัญหา สถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่นักเรียนสนใจเข้าสู่กิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งกิจกรรมที่ครูยกมาให้นักเรียนนั้นต้องเชื่อมโยงความรู้เก่าของนักเรียน หรือเป็นกิจกรรมที่เป็นความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนที่เคยเรียนรู้มา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องการเวลาที่จะสำรวจกิจกรรมจากขั้นแรก ซึ่งขั้นตอนนี้นักเรียนจะมีการแนะนำและถกเถียงเกี่ยวกับ แนวคิด กระบวนการ หรือทักษะ ในระหว่างการกิจกรรมร่วมกัน และนักเรียนต้องสร้างความสัมพันธ์สังเกตรูปแบบ การระบุตัวแปร และตั้งคำถาม เพื่อค้นหาคำตอบของสถานการณ์ข้างต้น

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องอธิบายสิ่งที่เป็นแนวคิดกระบวนการหรือทักษะ ให้ผู้อื่นรู้เรื่องหรือสามารถเข้าใจได้ง่าย ซึ่งในกระบวนการของการอธิบายนักเรียนและครูจะใช้คำศัพท์ที่รับรู้ร่วมกัน โดยประการแรกครูให้นักเรียนอธิบายโดยใช้คำพูดของนักเรียนเอง ประการที่สองครูจะอธิบายทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยีในลักษณะที่เป็นทางการ และในขั้นตอนนี้ควรนำเสนอแนวคิดกระบวนการหรือทักษะในเวลาสั้น ๆ เพื่อให้เห็นได้ชัดและตรงไปตรงมา

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำคำอธิบาย ความรู้ หรือคำศัพท์ที่ได้จากขั้นการอธิบาย ไปใช้ในประสบการณ์ที่เพิ่มเติม หรือขยาย หรือไปใช้อธิบายแนวคิดที่เกี่ยวข้องหรือคล้ายกับสถานการณ์เดิม แต่ต้องเป็นสถานการณ์ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ครูต้องจัดการประเมินผลเพื่อตรวจสอบระดับความเข้าใจของนักเรียนแต่ละคน นอกจากนี้นักเรียนควรจะได้รับข้อมูลย้อนกลับ โดยการประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอนของรูปแบบ 5E ซึ่งครูสามารถดำเนินการประเมินผลอย่างเป็นทางการได้หลังจากขั้นตอนการขยายความรู้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545, หน้า 98) ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการแสวงหาความรู้อย่างมีเหตุผลเป็นขั้นตอน เพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ประกอบด้วย 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งเกิดขึ้นจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่ศึกษา

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) การวางแผนกำหนดแนวทางสำหรับการตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่นทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้วิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้ง

ไว้ โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือความคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2550, หน้า 26-35) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์สำคัญที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงจากความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยเลือกวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

จากการศึกษาค้นคว้าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ข้างต้น

จึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขั้นตอนตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นแนวทางหลักในการดำเนินการจัดการเรียนรู้

บทบาทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หรือ Inquiry Cycle เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางในการเรียนรู้ โดย ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 141) ได้ให้แนวทางปฏิบัติในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

- ผู้สอนมีกระบวนการสอน/ กิจกรรมการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความคิดวิเคราะห เรื่องที่เรียน จนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเองได้
- ผู้สอนมีเอกสาร วัสดุ หรือสื่อที่ผู้เรียนสามารถใช้ประกอบการคิด วิเคราะห์ หรือการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องที่เรียน
- ผู้เรียนมีการศึกษาค้นคว้าหาความรู้/ คำตอบ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ที่เหมาะสม
- ผู้สอนมีการช่วยพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษา วิเคราะห์ และสรุปข้อมูล หรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่น ทักษะการสืบค้นหาแหล่ง

ความรู้/ แหล่งข้อมูลการอ่าน การวิเคราะห์สิ่งที่อ่าน การสังเคราะห์ข้อมูล การอภิปรายและโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

- ผู้สอนมีการวัดและประเมินผลการเรียนทั้งด้านเนื้อหาสาระและกระบวนการสืบเสาะหาความรู้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2550, หน้า 25-30) ได้ระบุถึงบทบาทของครูในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ขั้นตอนการเรียน	บทบาทของครู	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือแนวคิดหรือเนื้อหาสาระ	- อธิบายแนวคิด - ให้คำจำกัดความและคำตอบ - สรุปประเด็นให้ - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บรรยาย
2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน - ให้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่าง ๆ - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน
3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิด หรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของนักเรียนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่าง ๆ ในแผนภาพ	- ยอมรับคำอธิบายโดยมีหลักฐานหรือมีเหตุผลประกอบ - ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน - แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิด รวบยอดหรือทักษะ

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียน	บทบาทของครู	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
	- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิดหรือความคิดรวบยอด	
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำจำกัดความและอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร	- ให้คำตอบที่ชัดเจน - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยาย - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน - อธิบายวิธีแก้ปัญหา
5. การประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำแนวคิดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ทดสอบคำ นิยามศัพท์และข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดใหม่ - ทำให้คลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงแนวคิดหรือทักษะ

นอกจากบทบาทของครูที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้เกิดการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนแล้ว นักเรียนยังมีบทบาทในชั้นเรียนที่สอดคล้องกันไปด้วย ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ขั้นตอนการเรียน	**บทบาทของนักเรียน**	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	- ถามคำถามเช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้	- ถามหาคำตอบที่ถูก - ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูก - ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย - ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาวิธีเดียว
2. การสำรวจและค้นหา (Exploration)	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป	- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ - ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นน้อยมาก - ปฏิบัติอย่างสับสน ไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน - เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ
3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย	- อธิบายโดยไม่มีการเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม - ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน - ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล - ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียน	บทบาทของนักเรียน	
	สอดคล้องกับ 5E	**ไม่สอดคล้องกับ 5E**
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	- นำการชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม กำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจและออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ	- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน - ไม่สนใจข้อมูลที่มีอยู่ - อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้ - ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำ อธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว - ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ - ไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดของตนเอง
5. การประเมินผล (Evaluation)	- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกตหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - แสดงออกถึงความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ - ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบ	- ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว - ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้จำกัดความโดยใช้ความจำ - ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความพอใจด้วยคำพูดของตนเอง

ดังนั้น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หรือ Inquiry cycle จึงเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ครูผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้น ปลุกเร้าความสนใจ แนะนำวิธีหรือแนวทางการแก้ปัญหาในสิ่งที่ต้องการหาคำตอบ และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ แก่ผู้เรียน ให้ผู้เรียนสามารถมีแนวทางการเรียนรู้ของตนเอง นำไปสู่จุดหมายของการเรียนรู้ได้ในระยะยาว และสามารถปรับใช้ได้กับปัญหาหรือสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่พบได้

ข้อดีและข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

เนื่องจากรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบหนึ่งที่มีรากฐานมากจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้สรุปข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงทำให้มีความอยากรู้ตลอดเวลา

2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้ที่มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 60) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ ดังนี้

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือ ให้ฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์ และนักจัดระเบียบ

2. การค้นพบด้วยตัวเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ

3. ฝึกให้นักเรียนรู้วิธีค้นหาความรู้ แก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นาน และสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนมีความหมาย และเป็นการเรียนที่มีชีวิตชีวา

6. ช่วยพัฒนามโนทัศน์แก่ผู้เรียน

7. พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์

8. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตัวเอง สามารถคิดและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

9. นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์

10. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

ข้อจำของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ไม่ทำให้น่าสงสัยแปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอน วิธีนี้มุ่งเน้นและควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้

4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ อาจทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จเท่าวิธีการนี้เท่าที่ควร

5. ถ้าใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้อยู่เสมอ อาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, หน้า 60) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ไว้ ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง อาจได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามกำหนดไว้

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายไม่อยากเรียน

3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ หรือไม่ได้รับการกระตุ้นมากพอ จะไม่สามารถเรียนด้วยวิธีแบบนี้ได้

4. เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการสอน

5. ถ้านักเรียนไม่รู้จักหลักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงการทำงานกลุ่มซึ่งไม่ทำให้เกิดการเรียนรู้

6. ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระงานมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ ซึ่งมีผลต่อบรรยากาศในชั้นเรียน

7. ข้อจำกัดเรื่องเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีการสอนแบบนี้ได้

จากข้อความข้างต้นของนักการศึกษา สามารถสรุปเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) คือ เป็นวิธีช่วยเพิ่มและพัฒนาศักยภาพทางปัญญาและประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยอาศัยการค้นคว้าและลงมือทำจนเกิดเป็นทักษะ นักเรียนสามารถคิดและแก้ไขปัญหาได้ด้วยตนเอง และนักเรียนคือผู้ที่ถูกเน้นเป็นสำคัญในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ส่วนข้อจำกัดคือ การใช้เวลาค่อนข้างนาน ครูต้องเข้าใจและตระหนักถึงบทบาทของตนเอง ต้องอาศัยเวลาในการวางแผน และถ้านักเรียนมีสติปัญญาในระดับต่ำจะมีโอกาสที่ไม่ประสบความสำเร็จด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้นี้ ผู้วิจัยจึงนำการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์เข้ามาใช้ร่วม เพื่อช่วยให้ทั้งครูและนักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการในการสร้างความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ได้เรียนรู้แบบองค์รวม และมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยเสริมให้นักเรียนที่มีสติปัญญาในระดับต่ำให้สร้างองค์ความรู้พื้นฐานด้วยตนเองได้

ในงานวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยนักการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ได้คิดค้นมาเพื่อเป็นแนวปฏิบัติในการช่วยพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ผ่านการฝึกฝน ทักษะประสบการณ์ การสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นผู้ช่วย แนะนำ และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ยึดถือหลักการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหลัก มี 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์สำคัญที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงจากความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน

กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยเลือกวิธีการตรวจสอบที่เหมาะสม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์

ได้มีนักการศึกษาหลายท่านที่เรียกชื่อวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ในแบบต่าง ๆ เช่น การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ การสอนมโนทัศน์ และการสอนเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด เป็นต้น และได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

Moore (1989) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการ (Concepts and principles) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนในทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด ว่าเป็นการเรียนรู้ภาพของเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดขึ้นภายในสมอง และการเรียนรู้ความสัมพันธ์ของภาพมากกว่า 2 ภาพ การสอนมโนทัศน์และหลักการควรใช้วิธีช่วยให้ผู้เรียนสร้างภาพที่เป็นชุดของคุณลักษณะของเรื่องนั้น

Krathwohl (2002, pp. 212-213) ได้กล่าวถึงความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ (Conceptual knowledge) ว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานภายใต้โครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีการทำงานร่วมกัน แบ่งเป็นประเภทย่อยได้ 3 ลักษณะ คือ

1. ความรู้เกี่ยวกับการแบ่งชั้นและจำแนกประเภท (Knowledge of classifications and categories)

2. ความรู้เกี่ยวกับหลักการและการสรุปอ้างอิง (Knowledge of principles and generalizations)

3. ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี โมเดล และโครงสร้าง (Knowledge of theories, models and structures)

ชาญชัย อาจินสมาจาร (2545, หน้า 136-138) ได้ให้ความหมายของการสอนมโนทัศน์ สรุปได้ว่า การสอนมโนทัศน์ เป็นการสอนให้ผู้เรียนค้นหาคำจำกัดความในรูปของคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดเกี่ยวกับเนื้อหาสาระต่าง ๆ เป็นวิธีการที่ช่วยลดความซับซ้อนของการเรียนรู้ ให้วิถีทางในการสื่อความหมายระหว่างกันและกัน และทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งแวดล้อมของตนเองมากขึ้น ซึ่งการศึกษาและประสบการณ์ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ใหม่จากมโนทัศน์เก่า เพื่อนำไปสู่การสื่อความหมายที่ดีกว่า

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2550, หน้า 63) ได้ให้ความหมายของการสอนให้เกิดความคิดรวบยอด ว่า การสอนให้เกิดความคิดรวบยอด เป็นวิธีการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นความเหมือนและจัดกลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะร่วมกันไว้เป็นพวกเดียวกันได้ และสามารถมองเห็นความแตกต่างของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น ๆได้ เช่น เรียนความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสัตว์บก ก็คือ เรียนรู้ลักษณะที่แยกสัตว์บกออกจากสัตว์อื่น ๆได้

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 130) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ว่า เป็นการวางแผนการจัดการเรียนการสอนโดยการระบุมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับ และดำเนินการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการและกระบวนการต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์นั้น และสามารถนำมโนทัศน์นั้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ รวมทั้งมีการประเมินผลโดยมุ่งไปที่ความเข้าใจของผู้เรียนในมโนทัศน์นั้น ๆ

จากความหมายของการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ของนักการศึกษา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ หมายถึง วิธีการสอนที่ระบุมโนทัศน์แก่ผู้เรียนได้รับทราบ และดำเนินการสอนโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นความเหมือนและความแตกต่างของสิ่งหนึ่งกับหลาย ๆ สิ่ง และเหตุการณ์หนึ่งกับหลาย ๆ เหตุการณ์ ให้นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้ โดยมีการประเมินผลที่เน้นไปที่ความเข้าใจมโนทัศน์ในเรื่องที่ได้เรียน

หลักการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์

จิระ ดีช่วย (2554, หน้า 105) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ไว้ ดังนี้

1. การใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของนักเรียน

2. ควรจัดประสบการณ์จริงให้นักเรียนได้สัมผัสมากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวยให้ แต่อย่างไรก็ตามการนำประสบการณ์รอง เช่น รูปภาพ หุ่นจำลอง หรือภาพยนตร์มาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดรวบยอดด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ด้วยตนเองได้

3. ควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนให้รู้จักคิดหาเหตุผล สังเกต และรู้จักการจำแนกลักษณะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาอย่างเห็นเด่นชัด และสิ่งเหล่านี้จะทำให้เขามีความรู้ ความเข้าใจในเบื้องต้น อันจะนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดใหม่

4. ควรเลือกวิธีสอนให้เหมาะสมกับนักเรียนและบทเรียน

นาตยา ปิลันธนานนท์, มธุรส จงชัยกิจ และศิริรัตน์ นีละคุปต์ (2542, หน้า 15) ได้เสนอวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ไว้ 2 วิธี คือ วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์แบบ Deductive และวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ แบบ Inductive แต่ละวิธีมีขั้นตอนดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ แบบ Deductive

1.1 กำหนดมโนทัศน์ที่จะสอนและแจ้งให้ผู้เรียนทราบ

1.2 อธิบายความหมายของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.3 ให้ผู้เรียนดูและคัดเลือกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.4 ให้ผู้เรียนเสนอตัวอย่างใหม่เพิ่มเติมที่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่จะสอน

1.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบายอีกครั้งหนึ่งว่ามโนทัศน์นั้นเป็นอย่างไร

2. วิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ แบบ Inductive

2.1 ผู้สอนไม่บอกมโนทัศน์และอธิบายความหมายของมโนทัศน์ที่จะสอนแก่ผู้เรียน

2.2 ให้ผู้เรียนดูตัวอย่างแล้วให้เลือกว่าตัวอย่างเหล่านั้นมีอะไรที่เป็นกลุ่มเดียวกันได้และอะไรที่ไม่เข้ากลุ่มกัน

2.3 ให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

2.4 ให้ผู้เรียนคิดตั้งชื่อหรือกลุ่มคำจากตัวอย่างเหล่านั้น

2.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบาย ความหมายของคำหรือกลุ่มคำที่ตั้งขึ้นว่าหมายความว่าอย่างไร

ชาญชัย อาจินสมาจาร (2545, หน้า 140-142) ได้กล่าวถึงการวางแผนการสอนมโนทัศน์ว่า โดยทั่วไป กลยุทธ์ที่ใช้สอนมโนทัศน์จะขึ้นอยู่กับระดับความยากของมัน ในทัศนะของเทนนิสัน (Tennyson) การเรียนรู้มโนทัศน์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อผู้เรียนได้รับตัวอย่างและคำจำกัดความ ดังนั้น การสอนมโนทัศน์อาจเป็นเรื่องง่ายหรือยากก็ขึ้นอยู่กับคำว่ามันยากแค่ไหนใน

การอธิบายมโนทัศน์ นักเรียนอาจได้รับตัวอย่างหรือสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ และต่อมาถูกบอกให้สรุป หรือลงความเห็นในคำจำกัดความ เราอาจสอนมโนทัศน์โดยการให้คำจำกัดความแก่นักเรียน แล้วบอกให้เขาให้ตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง สิ่งแรกเรียกว่า วิธีอุปมาน (Inductive approach) และหลังเรียกว่า วิธีอนุมาน (Deductive approach) เนื่องจากทั้งสองวิธีการต่างก็สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครูจึงควรมีความชำนาญในการใช้ทั้งสองวิธี

ตัวอย่างมีความสำคัญในการสอนมโนทัศน์ เมื่อสอนมโนทัศน์ที่ซับซ้อนจะต้องมีตัวอย่างมากขึ้น และเมื่อสอนเด็กที่มีประสบการณ์น้อยกว่าปกติ จะมีการใช้ตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างเพื่อทำให้ขอบเขตชัดเจนยิ่งขึ้น ควรเลือกตัวอย่างเพื่อพัฒนาความเข้าใจที่กว้างขวางของนักเรียนต่อความเป็นไปได้ที่มีอยู่ในมโนทัศน์ ตัวอย่างที่ดีจะรวมคุณลักษณะที่สำคัญของมโนทัศน์ นักเรียนจะต้องสามารถมองเห็นคุณลักษณะของมโนทัศน์ ตัวอย่างสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างควรจะมีความใกล้ชิดกับลักษณะที่สำคัญของมโนทัศน์ เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และหลักการที่เกี่ยวข้อง เขาทำอะไรกับมัน เป้าหมายที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการสอนมโนทัศน์ก็คือการช่วยเหลือนักเรียนในการจัดการข้อเท็จจริง มโนทัศน์ และหลักการเพื่อพัฒนาและใช้ทักษะการคิดต่าง ๆ

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ที่เน้นมโนทัศน์ จึงเป็นเทคนิคการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสมากขึ้นที่จะเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในเนื้อหาวิชา สามารถจำแนกหมวดหมู่ของเนื้อหาที่เรียนได้ว่า เนื้อหาส่วนใดที่เป็นมโนทัศน์หรือส่วนหลัก และเนื้อหาส่วนใดที่เป็นส่วนประกอบ รวมไปถึงช่วยให้ผู้สอนได้พัฒนากระบวนการสอนให้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์

พรรณี ชูทัย (2522 อ้างถึงใน อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2550, หน้า 63) ได้เสนอแนะขั้นตอนการสอนให้เกิดความคิดรวบยอดไว้ สรุปได้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ผู้เรียนทราบ เพื่อเป็นแนวทางการประเมินผล และให้ผู้เรียนรู้จักประเมินผลการเรียนของตนเอง ซึ่งเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) การเรียนของผู้เรียนอีกประการหนึ่งด้วย

2. ตรวจสอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็นของผู้เรียน

3. เสนอตัวอย่างความคิดรวบยอดทั้งที่ใช่และไม่ใช่คละปนกันไป โดยให้ผู้เรียนค้นหาเองว่า ความคิดรวบยอดมีลักษณะอย่างไร

4. ผู้เรียนสังเกต พิจารณา วิเคราะห์ เปรียบเทียบ ลักษณะของตัวอย่าง เพื่อรวบรวมตัวอย่างที่เป็นความคิดรวบยอดออกมา

5. ผู้เรียนให้ความหมายหรือสรุปลักษณะของความคิดรวบยอดที่เรียนนั้น

6. จัดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง ได้ซักถามและได้รับการเสริมแรงด้วยการชมเชยและการให้กำลังใจ

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 225-226) ได้ให้ขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (Concept attainment model) ไว้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ผู้สอนเตรียมข้อมูลสำหรับให้ผู้เรียนฝึกหัดจำแนก

1. ผู้สอนเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างมโนทัศน์ที่ต้องการสอน

2. ในการเลือกตัวอย่างข้อมูล 2 ชุดข้างต้น ผู้สอนจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะครอบคลุมลักษณะของมโนทัศน์ที่ต้องการนั้น

3. ถ้ามโนทัศน์ที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากและซับซ้อน หรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกตัวอย่างเรื่องสั้น ๆ ที่ผู้สอนแต่งขึ้นเองนำเสนอแก่ผู้เรียน

4. ผู้สอนเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมที่จะใช้ประกอบการนำเสนอตัวอย่างมโนทัศน์เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนอย่างชัดเจน

ขั้นที่ 2 ผู้สอนอธิบายกติกาในการเรียนให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจตรงกัน

ผู้สอนชี้แจงวิธีการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรมโดยอาจสาธิตวิธีการให้ผู้เรียนลองทำตามที่ผู้สอนบอกจนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจพอสมควร

ขั้นที่ 3 ผู้สอนเสนอข้อมูลตัวอย่างมโนทัศน์ที่ต้องการสอน และข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน

การนำเสนอข้อมูลตัวอย่างนี้ทำได้หลายแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่น-จุดด้อยดังต่อไปนี้

1. นำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าเป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน แล้วตามด้วยการเสนอข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูล จนครบหมดทั้งชุดเช่นกัน โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าตัวอย่างชุดหลังนี้ไม่ใช่สิ่งที่จะสอน ผู้เรียนจะต้องสังเกตตัวอย่างทั้ง 2 ชุด และคิดหาคุณสมบัติร่วมและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เทคนิควิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ได้เร็ว แต่ใช้กระบวนการคิดน้อย

2. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนสลับกันไปจนครบ เทคนิควิธีนี้ช่วยสร้างมโนทัศน์ได้ช้ากว่าเทคนิคแรก แต่ได้ใช้ประบวนการคิดมากกว่า

3. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูลโดยให้ผู้เรียนตอบว่าข้อมูลของแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้นใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่าง

ที่จะสอน เมื่อผู้เรียนตอบ ผู้สอนจะเฉลยว่าผู้เรียนตอบถูกหรือผิด วิธีนี้ผู้เรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการทดสอบสมมติฐานของตนไปทีละขั้นตอน

4. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ตอบว่าใช่หรือไม่ วิธีนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสได้คิดมากขึ้นอีก

ขั้นที่ 4 ให้ผู้เรียนบอกคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน

จากกิจกรรมที่ผ่านมาในขั้นต้น ๆ ผู้เรียนจะต้องพยายามหาคุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่สิ่งที่ผู้สอนต้องการสอน และทดสอบคำตอบของตน หากคำตอบของตนผิด ผู้เรียนก็จะต้องหาคำตอบใหม่ ซึ่งก็หมายความว่าต้องเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นฐานของคำตอบเดิม ด้วยวิธีนี้ผู้เรียนจะค่อย ๆ สร้างความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นขึ้นมา ซึ่งจะมาจากคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง

ขั้นที่ 5 ให้ผู้เรียนสรุปและให้คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสอน

เมื่อผู้เรียนได้รายการของคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอนแล้ว ผู้สอนให้ผู้เรียนช่วยกันเรียบเรียงให้เป็นคำนิยามหรือคำจำกัดความ

ขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการหาคำตอบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตัวเอง

จากการศึกษาวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ในข้างต้น พบว่ามีลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบอื่นได้ และจากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ของทิศนา แขมมณี (2555) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และเนื่องจากข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ คือการเน้นการเรียนรู้แบบปัจเจกบุคคลเป็นหลัก ผู้วิจัยจึงนำกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ร่วม เพื่อให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน เกิดการระดมความคิด และได้สร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกัน

ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ครูต้องวางแผนการจัดการเรียนการสอน มีปฏิสัมพันธ์ต่อนักเรียนตลอดเวลา เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ซักถาม ให้กำลังใจ ให้การเสริมแรงทุกระยะ และอำนวยความสะดวกในการเรียน เพื่อให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกคิด วิเคราะห์ และสังเคราะห์ลักษณะที่ทั้งใช่และไม่ใช่มโนทัศน์ รวมไปถึงสรุปความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้ผู้เรียนมีการพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยนำการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์มาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งแสดงดังตารางที่ 2-3

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เตรียมไว้ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย และกระตือรือร้นในการค้นหาคำตอบ พร้อมชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงแนวทางการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งมโนทัศน์

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนตั้งสมมติฐาน ออกแบบแนวคิดในการค้นหาคำตอบ โดยครูเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนในแต่ละหัวข้อของบทเรียน เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนให้นักเรียนลงมือตรวจสอบสมมติฐานของตนเองอย่างเหมาะสม

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยการบอกคุณสมบัติเฉพาะของคำตอบที่ได้จากการค้นคว้า วิเคราะห์ แปลผล และอธิบายคำตอบ รวมถึงการสรุปและให้นิยามหรือคำจำกัดความสั้น ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือเนื้อหาในบทเรียนต่อไป โดยมีครูร่วมอภิปรายในชั้นเรียนหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ว่านักเรียนมีวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างไร และมีการประมวลคำตอบเพื่อนำมาสร้างมโนทัศน์ใหม่อย่างไร

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินมโนทัศน์ของนักเรียนด้วยแบบฝึกหัด และใบกิจกรรมต่าง ๆ

ตารางที่ 2-3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
	ขั้นที่ 1 ผู้สอนเตรียมข้อมูลสำหรับให้ผู้เรียนฝึกหัดจำแนก 1. ผู้สอนเตรียมข้อมูล 2 ชุด ชุดหนึ่งเป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน อีกชุดหนึ่งไม่ใช่ตัวอย่างมโนทัศน์ที่ต้องการสอน 2. ในการเลือกตัวอย่างข้อมูล 2 ชุดข้างต้น ผู้สอนจะต้องเลือกหาตัวอย่างที่มีจำนวนมากพอที่จะครอบคลุมลักษณะของมโนทัศน์ที่ต้องการนั้น 3. ถ้ามโนทัศน์ที่ต้องการสอนเป็นเรื่องยากและซับซ้อน หรือเป็นนามธรรม อาจใช้วิธีการยกตัวอย่างเรื่องสั้น ๆ ที่ผู้สอนแต่งขึ้นเองนำเสนอแก่ผู้เรียน 4. ผู้สอนเตรียมสื่อการสอนที่เหมาะสมที่จะใช้ประกอบการนำเสนอตัวอย่างมโน-ทัศน์เพื่อแสดงให้เห็นลักษณะต่าง ๆ ของมโนทัศน์ที่ต้องการสอนอย่างชัดเจน	

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์สำคัญที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงจากความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาแล้ว	ขั้นที่ 2 ผู้สอนอธิบายกติกาในการเรียนให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจตรงกัน ผู้สอนชี้แจงวิธีการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเริ่มกิจกรรมโดยอาจสาธิตวิธีการให้ผู้เรียนลองทำตามที่ผู้สอนบอกจนกระทั่งผู้เรียนเกิดความเข้าใจพอสมควร	1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์ที่เตรียมไว้ กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย และกระตือรือร้นในการค้นหาคำตอบ พร้อมชี้แจงให้ผู้เรียนทราบถึงแนวทางการศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งมโนทัศน์
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ ต่าง ๆ โดยเลือกวิธีการตรวจสอบที่	ขั้นที่ 3 ผู้สอนเสนอข้อมูลตัวอย่างมโนทัศน์ที่ต้องการสอนและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่ต้องการสอน การนำเสนอข้อมูลตัวอย่างนี้ทำได้หลายแบบ แต่ละแบบมีจุดเด่น-จุดด้อยดังต่อไปนี้ 1. นำเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูลจนหมดทั้งชุด โดยบให้ผู้เรียนรู้ว่าเป็นตัวอย่าง	2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนตั้งสมมติฐานออกแบบแนวคิดในการค้นหาคำตอบ โดยครูเสนอข้อมูลที่เป็นตัวอย่างและข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนในแต่ละหัวข้อของ

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
เหมาะสม	ของสิ่งที่จะสอนแล้วตามด้วยการเสนอข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนทีละข้อมูล จนครบหมดทั้งชุดเช่นกัน โดยบอกให้ผู้เรียนรู้ว่าตัวอย่างชุดหลังนี้ไม่ใช่สิ่งที่จะสอน ผู้เรียนจะต้องสังเกตตัวอย่างทั้ง 2 ชุด และคิดหาคุณสมบัติร่วมและคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เทคนิควิธีนี้สามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ได้เร็ว แต่ใช้กระบวนการคิดน้อย 2. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนสลับกันไปจนครบ เทคนิควิธีนี้ช่วยสร้างมโนทัศน์ได้ช้ากว่าเทคนิคแรก แต่ได้ใช้ประบวนการคิดมากกว่า 3. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วเสนอข้อมูลที่เหลือทั้งหมดทีละข้อมูลโดยให้ผู้เรียนตอบว่าข้อมูลแต่ละข้อมูลที่เหลือนั้น	บทเรียน เพื่อเป็นแนวทางให้นักเรียนให้นักเรียนลงมือตรวจสอบสมมติฐานของตนเองอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
	ใช่หรือไม่ใช่ตัวอย่างที่จะสอน เมื่อผู้เรียนตอบ ผู้สอนจะเฉลยว่าผู้เรียนตอบถูกหรือผิด วิธีนี้ผู้เรียนจะได้ใช้กระบวนการคิดในการทดสอบสมมติฐานของตนไปทีละขั้นตอน 4. เสนอข้อมูลที่ใช่และไม่ใช่ตัวอย่างสิ่งที่จะสอนอย่างละ 1 ข้อมูล แล้วให้ผู้เรียนช่วยกันยกตัวอย่างข้อมูลที่ผู้เรียนคิดว่าใช่ตัวอย่างของสิ่งที่จะสอน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ตอบว่าใช่หรือไม่ วิธีนี้ผู้เรียนจะมีโอกาสได้คิดมากขึ้นอีก	
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูลข้อสนเทศที่ได้มา	ขั้นที่ 4 ให้ผู้เรียนบอกคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอน จากกิจกรรมที่ผ่านมาในขั้นต้น ๆ ผู้เรียนจะต้องพยายามหาคุณสมบัติเฉพาะของตัวอย่างที่ใช่และไม่ใช่สิ่งที่ผู้สอนต้องการสอน และทดสอบคำตอบของตน หากคำตอบ	3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง โดยการบอกคุณสมบัติเฉพาะของคำตอบที่ได้จากการค้นคว้า วิเคราะห์ แปลผล และอธิบายคำตอบ รวมถึงการสรุปและให้นิยามหรือคำจำกัดความสั้น ๆ

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
วิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้	ของตนผิด ผู้เรียนก็จะต้องหาคำตอบใหม่ ซึ่งก็หมายความว่าต้องเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นฐานของคำตอบเดิม ด้วยวิธีนี้ ผู้เรียนจะค่อย ๆ สร้างความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นขึ้นมา ซึ่งจะมาจากคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง ขั้นที่ 5 ให้ผู้เรียนสรุปและให้คำจำกัดความของสิ่งที่ต้องการสอน เมื่อผู้เรียนได้รายการของคุณสมบัติเฉพาะของสิ่งที่ต้องการสอนแล้ว ผู้สอนให้ผู้เรียนช่วยกันเรียบเรียงให้เป็นคำนิยามหรือคำจำกัดความ	
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิด	ขั้นที่ 6 ผู้สอนและผู้เรียนอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการที่ผู้เรียนใช้ในการหาคำตอบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการคิดของตัวเอง	4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนนำมโนทัศน์ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือเนื้อหาในบทเรียนต่อไป โดยมีครูร่วมอภิปรายใน

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
ที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น		ชั้นเรียนหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ว่านักเรียนมีวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างไร และมีการประมวลคำตอบเพื่อนำมาสร้างมโนทัศน์ใหม่อย่างไร
5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมาก		5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินมโนทัศน์ของนักเรียนด้วยแบบฝึกหัด และใบกิจกรรมต่าง ๆ

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) (สสวท., 2550, หน้า 26-35)	**การจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 225-226)**	**การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนที่เน้นมโนทัศน์**
น้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ		

มโนทัศน์ทางชีววิทยา

ความหมายของมโนทัศน์

คำว่า “มโนทัศน์” เป็นคำที่แปลความหมายมาคำจากภาษาอังกฤษคือ Concept ซึ่ง ราชบัณฑิตยสถาน (2555, หน้า 106) ได้ระบุว่า มโนทัศน์มีความหมายเช่นเดียวกับคำว่า ความคิดรวบยอด ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้คำว่ามโนทัศน์ และได้ศึกษาความหมายของคำว่ามโนทัศน์จากนักการศึกษาและองค์กรการศึกษาต่าง ๆ ดังนี้

พจนานุกรมราชบัณฑิตยสถาน (2555, หน้า 106) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอดว่า เป็นภาพหรือความคิดในสมองที่เป็นตัวแทนของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ประกอบด้วยคุณสมบัติสำคัญของสิ่งนั้นซึ่งขาดไม่ได้ หากขาดไปจะทำให้ไม่ใช่สิ่งนั้น เช่น ดอกไม้ทุกชนิดมีลักษณะร่วม คือ มีกลีบดอก เกสร และก้านดอก บุคคลอาจมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งในระดับที่แตกต่างกันไป เช่น บางคนมีมโนทัศน์ว่านกบินได้ บางคนมีมโนทัศน์ว่านกมีอิสรเสรีที่จะบินไปได้ไกล บางคนมีมโนทัศน์ว่านกเป็นสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้ครั้งหนึ่ง จึงมีความจำเป็นในการกระตุ้นให้นักเรียนมีกระบวนการก่อเกิดมโนทัศน์ หรือการสร้างความคิดรวบยอดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับเรื่องที่ศึกษา การเข้าใจในมโนทัศน์ที่ถูกต้องจึงมีผลต่อนักเรียนในด้านการทำความเข้าใจกับเนื้อหาวิชาอย่างถูกต้องและชัดเจน

ปรีชา คัมภีรปกรณ์ (2545 อ้างถึงใน อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2550, หน้า 62-63) ได้กล่าวถึงความหมายของความคิดรวบยอด หรือมโนทัศน์ หรือมโนมติ หรือสังกัป ว่าหมายถึง การจัดลักษณะที่เหมือนๆ กันของประสบการณ์ หรือสิ่งของเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบ ทำให้เกิดเป็นหน่วยของความคิด หรือประเภทของประสบการณ์ อาจกล่าวได้ว่า ความคิดรวบยอดนั้น เป็นความคิดหรือความเข้าใจในขั้นสุดท้ายที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ภายในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และความคิดรวบยอดอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ เมื่อผู้เรียนมีประสบการณ์มากขึ้น หรือมีวุฒิภาวะเพิ่มขึ้น

สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์ (2538, หน้า 105) ได้ให้ความหมายมโนทัศน์ว่า หมายถึง แนวคิดของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือนหรือแยกแยะลักษณะแตกต่างของคุณสมบัติของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้น ๆ

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 198) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์เป็น 2 แนวทางว่า

1. มโนทัศน์ที่หมายถึงการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการนำข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดความหมายที่บุคคลพึงเข้าใจได้

2. มโนทัศน์ที่หมายถึงผลของการใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล มีการใช้จินตนาการอย่างรอบคอบ จนก่อให้เกิดการเรียนรู้หรือรู้แจ้งอย่างลึกซึ้ง (Insight)

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 28) ได้ให้ความหมายว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อันอาจจะเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ความเข้าใจจนสามารถกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งประเภทสรรพสิ่งที่อยู่รอบตัวที่เป็นสิ่งของ วัตถุ พฤติกรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม

ชาญชัย อาจินสมาจาร (2545, หน้า 136) กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ว่า มโนทัศน์เป็นประเภทหนึ่งที่มีวัตถุ เงื่อนไข เหตุการณ์ หรือกระบวนการชุดหนึ่งที่สามารถจัดกลุ่มเข้าด้วยกัน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเหมือนกันที่มันมีสิ่งต่าง ๆ ของประเภทดังกล่าว จึงแทนด้วยสัญลักษณ์เดี่ยว (Single Symbol) ดังนั้น มโนทัศน์จึงอาจถูกมองในฐานะที่เป็นคำจำกัดความ มันมีความหมายในสิ่งที่มันหมายถึง เพราะว่ามันถูกจำกัดความในแนวทางที่ได้ให้

Martin (1989 อ้างถึงใน เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2555, หน้า 2) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ว่า หมายถึง ภาพในความคิดที่เปรียบเสมือนภาพตัวแทน หมวดหมู่ของวัตถุ สิ่งของ แนวคิด หรือปรากฏการณ์ ซึ่งมีลักษณะทั่ว ๆ ไปที่คล้ายกัน

Guilford (1952, pp. 427-430) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนทัศน์เป็นสัญลักษณ์ชนิดหนึ่งที่เราได้รับมาจากประสบการณ์ในการที่ได้พบเห็นสิ่งต่าง ๆ แยกออกเป็นพวก และในจำนวนพวกหนึ่ง ๆ จะมีลักษณะที่ร่วมกันอยู่ เช่น เมื่อเราเห็นแมวหลาย ๆ ตัว เราก็รู้ถึงลักษณะร่วมของแมว ซึ่งแสดงว่าเรามีมโนทัศน์เกี่ยวกับแมวที่เกิดขึ้นแล้ว

จากการให้ความหมายของมโนทัศน์ของนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ โดยสามารถระบุลักษณะร่วมและแยกแยะลักษณะที่แตกต่างของสิ่ง ๆ นั้นได้ รวมถึงการนำมาประมวลและสรุปคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้อย่างสั้นกระชับและครบถ้วนในเชิงเนื้อหา

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ให้ความของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

มังกร ทองสุขดี (2535, หน้า 63) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดสำคัญ หรือข้อสรุปของความคิดที่เรารับรู้ได้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตมนุษย์

มโนทัศน์บางชนิดจะช่วยเสริมสร้างคุณค่าของประสบการณ์ให้มีความหมายต่อชีวิตมากมาย แต่ก็มีมโนทัศน์บางรูปแบบที่อาจซ่อนอยู่ภายใน ที่ยังไม่สามารถจะนำมาปรุงแต่งให้มีคุณค่าก็ได้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 4) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละคนอาจจะมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classificational concepts) คือมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้กับการบรรยายวัตถุ หรือสถานการณ์หนึ่ง ๆ ตัวอย่างเช่น

- ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย
- สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์มีกระดูกสันหลัง และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

2. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุเป็นผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ตัวอย่างเช่น

- น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน
- โปรตีนเป็นสารอาหารที่อยู่ในเนื้อสัตว์

3. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น

- อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น
- ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2527, หน้า 247) ได้กล่าวถึงความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของการนำไปใช้ในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การนำไปใช้ในการบรรยาย การพยากรณ์ และการอธิบาย

Martin (1997, p. 40) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ ความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงระหว่างข้อเท็จจริงหลาย ๆ ข้อ หรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ ครั้ง ต่างวาระต่างเวลากัน ตัวอย่างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

เช่น “พืชสีเขียวต้องการแสงในการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อการเจริญเติบโต” เป็นการเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยสองส่วนคือ แสง และการเจริญเติบโตของพืชสีเขียว

Klopfer (1971, p. 574) กล่าวว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนทัศน์เหล่านี้มีประโยชน์ในการศึกษาโลกของธรรมชาติ

จากความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง บทสรุปความคิดของบุคคลได้รับจากสถานการณ์รอบตัวและสิ่งแวดล้อมจนเกิดเป็นความรู้ความเข้าใจต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้มโนทัศน์เพื่อเชื่อมโยงกับบทเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในสาขาชีววิทยา ดังนั้น อาจวางกรอบการเรียกชื่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้ให้มีความจำเพาะได้มากขึ้นว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยา

ลักษณะของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 21-29) ระบุว่า การสร้างข้อสอบเพื่อใช้วัดความรู้ได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ เริ่มต้นจากการทำตารางวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา เพื่อเป็นแนวทางการสร้างข้อสอบวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ คำถามหรือปัญหา และคำตอบที่มีลักษณะเป็นตัวเลือกทั้งที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด ลักษณะข้อสอบที่นิยมใช้ประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามเดี่ยว ข้อสอบแบบเลือกตอบที่ใช้ข้อมูลชุดเดียวกันเพื่อการถามด้วยคำถามหลายข้อ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามหลายตอนหรือข้อสอบแบบผสมผสานที่มีทั้งให้เลือกตอบและเขียนตอบ

ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบ ที่ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 เป็นคำถามที่มีตัวเลือก 2 ข้อ หรือมากกว่า

ตอนที่ 2 เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนบอกเหตุผลการเลือกตอบตอนที่ 1

สำหรับการให้คะแนน การทำข้อสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

1. ให้คะแนนตอนที่ 1 เมื่อเลือกตัวเลือกที่ถูกต้อง

2. ให้คะแนนในตอนที่ 2 เมื่อบอกเหตุผลได้สอดคล้องกับการเลือกตอบตอนที่ 1 ซึ่งการทดสอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตอน สามารถใช้ประเมินผลความสามารถด้านการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลได้ดี

นอกจากนี้ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตอน อาจเป็นลักษณะผสมผสานที่มีทั้งการเลือกตอบและการเขียนตอบ ข้อสอบลักษณะนี้ใช้วินิจฉัยผู้เรียนครอบคลุมความรู้ ความคิดความสามารถในการวิเคราะห์ การให้เหตุผล และการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การทดลองวัดความดันโลหิตของชาย 5 คน และหญิง 6 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 15-17 ปี และบันทึกผลการทดลองไว้

0. สมมติฐานของการทดลองนี้ คืออะไร

ก. ความดันโลหิตสัมพันธ์กับเพศ

ข. ความดันโลหิตสัมพันธ์กับเพศและอายุ

ค. ความดันโลหิตของหญิงและชายวัยเดียวกันไม่แตกต่างกัน

00. จงแสดงเหตุผลในการเลือกตอบ

(1) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ก. คือ.....

(2) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ข. คือ.....

(3) เหตุผลที่เลือกตอบ ข้อ ค. คือ.....

ปีเตอร์สัน และ ทรัวกัสท์ (1992 อ้างถึงใน ธวัชชัย คงนุ่ม, 2550, หน้า 47) ได้พัฒนาแบบทดสอบที่ใช้สำรวจมโนทัศน์ โดยใช้แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ซึ่งแต่ละข้อประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นคำถาม

ตอนที่ 2 เป็นการถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ประกอบการตอบคำถามในตอนที่ 1

ทรัวกัสท์ (1992 อ้างถึงใน ธวัชชัย คงนุ่ม, 2550, หน้า 48) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับ เรื่อง แสงและสมบัติของแสง โดยใช้การสอนเพื่อเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ตามทฤษฎีของพอสเนอร์และคณะ แล้วทำการวัดมโนทัศน์ตามแบบของปีเตอร์สันและทรัวกัสท์ โดยในตอนที่ 1 ได้ใช้คำถามแบบปรนัย 3 ตัวเลือก และในตอนที่ 2 เป็นการให้เหตุผลประกอบ ดังตัวอย่าง

000. ถ้าดำและแดงกำลังอยู่ในห้องมืด ทั้งสองคนจะเห็นวัตถุที่อยู่ในห้องมืดหรือไม่

ก. ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้เลย

ข. สามารถมองเห็นวัตถุได้บางส่วน

ค. สามารถมองเห็นวัตถุได้ชัดเจน

เหตุผลที่ใช้ประกอบการตอบคำถาม.....

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 132-134) ได้กล่าวถึงการวัดผลการเรียนรู้มโนทัศน์ ที่มีวิธีวัดหลายระดับ ตั้งแต่ระดับง่าย ไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ขึ้นอยู่กับการพิจารณาของครูว่าระดับใดเหมาะสมกับผู้เรียนของตน ซึ่งการวัดมี 4 ระดับ ดังนี้

1. ความสามารถในการระบุสิ่งที่เป็นลักษณะสำคัญและไม่ใช่ลักษณะสำคัญ

2. ความสามารถในการจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่าง และสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง

3. ความสามารถในการระบุกฎของมโนทัศน์

4. ความสามารถในการใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น

พันธ์ ทองชุมนุม (2547, หน้า 205) ได้กล่าวถึงการตรวจสอบมโนทัศน์ผู้เรียนว่า เมื่อผู้สอนได้ทำการสอนในเรื่องใดเรื่องหนึ่งไปแล้ว สิ่งที่ผู้สอนอยากทราบก็คือ ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้และมีมโนทัศน์ในสิ่งที่ได้สอนไปแล้วนั้นถูกต้องตามที่คาดหวังหรือไม่ สามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถระบุหรือเรียกชื่อมโนทัศน์นั้นได้

2. สามารถบอกลักษณะของมโนทัศน์นั้นได้

3. สามารถจำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์นั้นได้

4. สามารถอธิบาย รวมถึงสรุปความหมายของมโนทัศน์นั้นได้จากความรู้ ความเข้าใจของตนเอง ด้วยภาษาของตนเองได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นเอง โดยการประยุกต์ใช้จากลักษณะของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ตามแนวคิดของปีเตอร์สันและทรัวกัสท์ ซึ่งประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน โดยในส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และในส่วนที่ 2 คือการให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบจากส่วนที่ 1

เกณฑ์การตรวจสอบและให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532) ได้สร้างแบบทดสอบเพื่อสำรวจและวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนและความเข้าใจผิดเฉพาะบทเรียน ลักษณะของแบบทดสอบวัดเป็นแบบให้นักเรียนเลือกตอบ และแสดงเหตุผลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ จากนั้นนำคำตอบและเหตุผลที่ตอบมาจัดลำดับแนวคิด โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวความคิดที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด

2. แนวความคิดไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์

3. แนวความคิดที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบอาจถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลยังไม่ถูกต้อง

Westbook and Marek (1992 อ้างถึงใน สุวิทย์ มูลคำ, 2553, หน้า 74) ได้วางเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์รายข้อ ตามลำดับความเข้าใจ มี 5 กลุ่ม ดังนี้

1. ความเข้าใจที่สมบูรณ์ (Complete understanding) หมายถึง คำตอบถูกต้องและสามารถให้เหตุผลที่สมบูรณ์ ครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ ให้ 3 คะแนน

2. ความเข้าใจที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Partial understanding) หมายถึง คำตอบถูกต้องและให้เหตุผลถูก แต่ขาดองค์ประกอบที่สำคัญบางส่วน ให้ 2 คะแนน

3. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with specific alternative conception) หมายถึง คำตอบถูกบางส่วน แต่บางส่วนแสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception) หมายถึง คำตอบแสดงถึงความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนทั้งหมด ให้ 0 คะแนน

5. ไม่เข้าใจ (No understanding) หมายถึง คำตอบไม่ตรงประเด็นกับคำถาม หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

จากเกณฑ์การประเมินเพื่อให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ปรับปรุงการจัดลำดับความถูกต้องของมโนทัศน์ตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์มโนทัศน์และกำหนดคะแนน โดยได้จัดวางเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์ให้ 2 คะแนน

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิด แต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถามให้ 0 คะแนน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ ผู้วิจัยได้นำไปปรับใช้ในการสร้างแบบทดสอบและหลักเกณฑ์การให้คะแนนในการวัดผลมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของการสื่อสาร

การสื่อสาร (Communication) เป็นกระบวนการถ่ายทอดและรับข้อมูล เช่น ข้อเท็จจริง ความคิด ทัศนคติ ความรู้สึก หรือสาระรายละเอียดต่าง ๆ จากบุคคลไปสู่บุคคล จากบุคคลไปสู่กลุ่มบุคคล และจากกลุ่มบุคคลไปสู่กลุ่มบุคคล เพื่อสร้างความเข้าใจระหว่างกัน และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านความคิดและการกระทำ เนื่องจากมนุษย์มีความจำเป็นต้องพึ่งพาอาศัยกัน การติดต่อสื่อสารจึงมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งตนเองและสังคม มีนักการศึกษาหลายท่านและสถาบันการศึกษาที่ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ ดังนี้

วิรัช ลภิรัตนกุล (2546, หน้า 159) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่า เป็นกระบวนการส่งผ่านหรือสื่อความหมายระหว่างบุคคล สังคมมนุษย์เป็นสังคมที่สมาชิกสามารถใช้ความสามารถของตนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ โดยแสดงออกในรูปของความต้องการ ความปรารถนา ความรู้สึกนึกคิด ความรู้ และประสบการณ์ต่าง ๆ จากบุคคลหนึ่งไปสู่อีกบุคคลหนึ่ง

กิติมา สุรสนธิ (2548, หน้า 1) ได้กล่าวถึงความหมายของการสื่อสารไว้ สรุปได้ว่า การสื่อสาร หมายถึง การสร้างความร่วมมือให้เกิดขึ้นระหว่างผู้รับสารและผู้ส่งสาร ซึ่งทั้งสองฝ่ายจะมีเป้าหมายในการสื่อสารที่คล้ายคลึงกัน การสื่อสารจะประสบความสำเร็จได้จำเป็นต้องมีปัจจัยทั้ง 4 ประการ คือ ผู้ส่งสาร (Sender) สาร (Message) ช่องสาร (Channel) และผู้รับสาร (Receiver)

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546 ค, หน้า 45) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่า การสื่อสาร หมายถึง วิธีการต่าง ๆ ในการติดต่อระหว่างมนุษย์ ซึ่งทำให้ฝ่ายหนึ่งรับรู้ความหมายของอีกฝ่ายหนึ่ง

สถาบันราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคใต้ (2543, หน้า 14) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่า การสื่อสารเป็นกระบวนการของการถ่ายทอดสาร (Message) จากบุคคลฝ่ายหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า ผู้ส่งสาร (Source) ไปยังบุคคลอีกฝ่ายหนึ่งเรียกว่า ผู้รับสาร (Receiver) โดยผ่านสื่อ (Channel) โดยถือว่าการส่งต่อข้อมูลตามความเข้าใจของคนทั่วไปนั้นเป็นกระบวนการ (Process)

จากความหมายของการสื่อสารของนักการศึกษาและสถาบันการศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ความหมายของการสื่อสาร คือกระบวนการถ่ายทอดสารหรือข้อมูล จากผู้ถ่ายทอดหรือผู้ส่งสาร

ไปสู่ผู้รับสารโดยอาศัยช่องทางที่เรียกว่าช่องสารเพื่อให้ครบองค์ประกอบของการสื่อสาร สารที่ส่งอาจอยู่ในรูปแบบของความคิด ทัศนคติ ความรู้สึก ผ่านการอธิบาย อภิปราย การออกความคิดเห็น หรือการเขียนบรรยาย เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์ของทั้งผู้ส่งสารและผู้รับสารนั้น ควรจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

กระบวนการสื่อสารในการจัดการเรียนรู้

กิดานันท์ มลิทอง (2548, หน้า 38) ได้กล่าวถึงกระบวนการสื่อสารในการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้เป็นการถ่ายทอดเนื้อหาสาระในบทเรียนจากครูผู้สอนไปสู่นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนนั้น และเกิดพฤติกรรมตอบสนองเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ โดยมีองค์ประกอบดังนี้

1. ผู้ส่งสารในการจัดการเรียนรู้ คือ ผู้สอน วิทยากร หรือผู้บรรยายที่ต้องมีความรู้ความเข้าใจในการเข้ารหัส เพื่อนำเนื้อหาในบทเรียนมาเข้ารหัส และต้องตัดสินใจได้ว่าจะทำการเข้ารหัสอย่างไร

2. เนื้อหาความรู้ที่ส่งให้แก่ผู้เรียน ได้แก่ เนื้อหาของวิชาตามหลักสูตรที่กำหนดไว้ โดยจะแบ่งไว้เป็นบทเรียน มีการเรียงลำดับความยากง่ายเพื่อความสะดวกในการนำมาสอน

3. สื่อหรือช่องทางที่ใช้ส่งเนื้อหาความรู้ให้แก่นักเรียน ได้แก่ สื่อการสอนประเภทวัสดุอุปกรณ์ และเทคนิควิธีการ เพื่อใช้ประกอบการสอนหรือเพื่อให้นักเรียนได้ใช้เรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น สไลด์ เครื่องฉายข้ามศีรษะ เครื่องฉายแผ่นโปร่งใส โทรทัศน์ ชุดการสอน คอมพิวเตอร์ การจำลองในการเรียน เป็นต้น

4. ผู้รับสาร ได้แก่ นักเรียน ซึ่งมีระดับอายุ แบบการคิด สติปัญญา สังคมและวัฒนธรรมที่แตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล จึงทำให้มีความสามารถในการถอดรหัสที่แตกต่างกันไปด้วย

5. ผลที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ผลของการเรียนรู้เพื่อแสดงว่านักเรียนสามารถเข้าใจสารหรือความรู้ที่รับมาหรือไม่ ถ้ามีความเข้าใจสิ่งที่เรียนก็จะทำให้รู้สึกสนุกในการเรียนรู้และเรียนรู้เรื่อง ถ้าไม่เข้าใจก็จะทำให้ไม่รู้เรื่องในการเรียนและเกิดความเบื่อหน่ายได้

6. ผลป้อนกลับนักเรียน เป็นพฤติกรรมหรือการตอบสนองของนักเรียนที่ส่งกลับไปยังครู โดยการที่นักเรียนตอบคำถามได้ หรืออาจจะถามคำถามกลับไป หรือนักเรียนตอบสนองโดยการพยักหน้า ยิ้ม แสดงอาการง่วงนอน หรือแสดงกิริยาใด ๆ ให้เห็น การรวบรวมผลป้อนกลับของนักเรียนจัดว่าเป็นหน้าที่ที่สำคัญอย่างหนึ่งของครู เพราะเป็นสิ่งที่ครูจะต้องนำมาวิเคราะห์ว่าการสอนนั้นเป็นอย่างไรบ้าง เพื่อสามารถปรับปรุงการสอนของตนเองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ความหมายของทักษะในการสื่อสาร

ทักษะในการสื่อสารของมนุษย์มีทั้งหมด 4 ด้าน ซึ่งนักการศึกษาและสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ได้ให้ความหมายของทักษะในการสื่อสารไว้ ดังนี้

กิดานันท์ มลิทอง (2548, หน้า 41) ได้ให้ความหมายทักษะของการสื่อสาร สรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสาร หมายถึง ความสามารถซึ่งทั้งผู้ส่งและผู้รับสารควรจะมีความชำนาญในการส่งและรับสาร เพื่อสร้างความเข้าที่ถูกต้องซึ่งกันและกัน เช่น ผู้ส่งต้องมีความสามารถในการเข้ารหัสข้อมูล มีการพูดโดยใช้หลักภาษาที่ถูกต้องเหมาะสม ใช้คำพูดที่ชัดเจน ฟังง่าย มีการแสดงสีหน้าและท่าทางที่เข้ากับการพูด ท่วงทำนองและลีลาในการพูดเป็นจังหวะ น่าฟัง หรือการเขียนด้วยถ้อยคำสำนวนที่ถูกต้อง สละสลวยน่าอ่าน เป็นต้น ส่วนผู้รับควรมีความสามารถในการถอดรหัส และมีทักษะที่เป็นแนวเดียวกันกับผู้ส่ง โดยมีทักษะการฟังที่ดี ฟังภาษาที่ผู้ส่งพูดมารู้เรื่อง หรือสามารถอ่านข้อความหรือบทความที่ส่งมาได้รู้เรื่อง เป็นต้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศักดิ์ (2546, หน้า 74-77) ได้กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับความหมายของทักษะการสื่อสารไว้ว่า ทักษะการสื่อสารเป็นทักษะที่ครอบคลุมถึงทักษะการฟัง ทักษะการพูด ทักษะการอ่าน และทักษะการเขียน

ทักษะการฟัง

สนิท ตั้งทวี (2529, หน้า 56-67) ได้กล่าวถึงทักษะการฟังว่า เป็นทักษะทางภาษาที่มีความสำคัญมากในการติดต่อสื่อสาร เป็นส่วนสำคัญต่อการคิดและการพูด การฟังช่วยให้เกิดปัญญาและความรอบรู้ ซึ่งในการฝึกทักษะการฟังนั้นมีหลายแบบในการนำไปใช้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เช่น ฟังเพื่อความเข้าใจในความหมายของคำ ข้อความ ฟังเพื่อพินิจสาร วิเคราะห์สาระสำคัญและสาระซ่อน เป็นต้น

ธิดา โมสิกรัตน์ และศรีสุดา จริยากุล (2543, หน้า 316-326) ได้กล่าวถึงทักษะการฟังว่า การฟังมีประโยชน์ต่อทั้งตนเองและสังคม ช่วยพัฒนาขีดความสามารถทางความคิด ความรู้และพัฒนาสติปัญญา ทำให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ในการพัฒนาสมรรถภาพในการฟังให้นักเรียนฟังอย่างมีประสิทธิภาพโดยฝึกให้นักเรียนฟังอย่างเข้าใจ จับประเด็น วิเคราะห์ ตีความ ประเมินคุณค่า และจดบันทึกได้ ซึ่งการส่งเสริมการฟังอย่างหนึ่งคือ ให้นักเรียนฟังสาระประเภทความรู้และฝึกจับสาระสำคัญของเนื้อหาความรู้

จากความหมายทักษะการฟังของนักการศึกษา สรุปได้ว่า ทักษะการฟัง เป็นวิธีการรับสารหรือข้อมูลต่าง ๆ ทั้งที่เป็นคำพูดและไม่ใช่คำพูด โดยผ่านการรับรู้จากเสียงซึ่งเป็นช่องรับสาร

ทักษะการฟังช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้จากการจับสาระสำคัญและค้นหาความหมาย ผ่านการจับประเด็น วิเคราะห์ ตีความ และประเมินคุณค่าจากสิ่งที่ได้ฟัง

ทักษะการพูด

ปรัชญา อาภากุล และการุณันทน์ รัตนแสนวงษ์ (2541, หน้า 1-69) ได้กล่าวถึงทักษะการพูด สรุปได้ว่า การพูดอภิปรายเป็นการแสดงถึงความรู้ความเข้าใจ และความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องพูดเพื่อให้ผู้ฟังได้รับรู้และเข้าใจตรงกันตามจุดประสงค์ที่ผู้พูดวางไว้ ได้เสนอการพูดอภิปรายเพื่อแสดงความคิดเห็น ความรู้ หรือประสบการณ์ในหัวข้อเรื่องที่กำหนดไว้ กิจกรรมพูดอย่างหนึ่งคือ การอภิปราย ซึ่งการพูดแบบอภิปรายเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ร่วมอภิปรายได้ใช้ความคิดเห็น ความรู้ความสามารถในการแสดงความคิดเห็นในเรื่องนั้น ๆ

อรทัย วิมลโนช, ประภาศรี สีหอำไพ และอัจจิมา เกิดผล (2533, หน้า 62-69) ได้กล่าวถึงทักษะการพูดไว้โดยสรุปว่า การพูดอภิปรายเป็นการแสดงความรู้ความเข้าใจ และความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งจำเป็นต้องพูดเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ เข้าใจการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยแบ่งประเภทของการพูดอภิปรายได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การอภิปรายในกลุ่ม และการอภิปรายในที่ประชุม

จากความหมายของทักษะการพูดของนักการศึกษา สรุปได้ว่า ทักษะการพูด หรือการพูดอภิปราย หมายถึง การวิธีพูดเพื่อแสดงความรู้ความเข้าใจ หรือการแสดงความคิดเห็นในประเด็นหนึ่ง ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้รับสารเข้าใจถึงประเด็นของเรื่อง และเป้าหมายที่ผู้ส่งสารวางไว้ ซึ่งอาจเป็นการพูดในกลุ่มของผู้เรียนรู้ หรือบุคคลพูดหน้าที่ประชุม

ทักษะการอ่าน

การอ่านถือเป็นทักษะที่สำคัญอย่างยิ่งของมนุษย์ทุกชาติทุกภาษา เนื่องจากการอ่านเป็นทักษะที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ได้เสมอด้วยตนเอง และเป็นการถ่ายทอดสารระหว่างบุคคล มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของทักษะการอ่านไว้ ดังนี้

ปานจิตต์ โกญจนาวรรณ และชนิกานต์ มาฆะศิรานนท์ (2542, หน้า 27) ได้กล่าวถึงทักษะการอ่านไว้ว่า การอ่าน คือ การบริโภคคำที่ถูกเขียนออกมาเป็นตัวหนังสือหรือสัญลักษณ์ โดยมีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เริ่มมาจากแสง ที่ถูกสะท้อนมาจากตัวหนังสือ ผ่านเลนส์นัยน์ตา และประสาทเข้าสู่เซลล์สมองไปเป็นความคิด (Idea) ความรับรู้ (Perception) และความจำทั้งระยะสั้นและระยะยาว (Memory)

ฉวีลักษณ์ บุญยะกาญจน (2547, หน้า 3) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะการอ่านไว้ว่า การอ่านมิใช่การมองไปที่คำหรือสัญลักษณ์และตัวหนังสือเท่านั้นแต่จะประกอบไปด้วยสมาธิ คือ

ใจที่สงบนิ่ง การรับรู้ การจัดลำดับ และการประมวลข้อมูลที่ได้จากการรับรู้เพื่อให้ได้สาระมากที่สุด

จากความหมายของทักษะการอ่านของนักการศึกษา สรุปได้ว่า ทักษะการอ่าน คือ กระบวนการรับสารจากการมองตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ และเข้าใจถึงความหมายและประเด็นสำคัญของสารที่รับรู้ จนเกิดเป็นความคิดและความจำขึ้น

ทักษะการเขียน

บันลือ พฤกษะวัน (2533, หน้า 55) ได้กล่าวถึงทักษะการเขียน สรุปได้ว่า การเขียนเป็นการสื่อเพื่อถ่ายทอดความรู้ ความคิดต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนั้นการส่งเสริมการเขียนอาจกำหนดสถานการณ์สมมติ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงออกด้านความรู้สึกนึกคิด ย่อมช่วยพัฒนาความคิดอันเป็นประโยชน์ต่อตัวเองและสังคมในอนาคต

ปรัชญา อาภากุล และการุณันทน์ รัตนแสนวงษ์ (2541, หน้า 131-134) ได้กล่าวถึงทักษะการเขียน สรุปได้ว่า เป็นการแสดงออกเพื่อการสื่อสารอย่างหนึ่งของมนุษย์ โดยมีตัวอักษรเป็นสื่อเพื่อถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความต้องการ ประสบการณ์ของตน เป็นต้น ให้ผู้อื่นได้รับทราบซึ่งสามารถคงทนอยู่นาน ตรวจสอบได้และใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงได้ และการใช้ทักษะการเขียนขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเขียนและประเภทของการเขียน

จากความหมายของทักษะการเขียนของนักการศึกษา สรุปได้ว่า ทักษะการเขียน คือ การถ่ายทอดสารในรูปแบบของตัวหนังสือเป็นหลัก เพื่อถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ต่าง ๆ ของผู้ส่งสารเช่นเดียวกับการพูด โดยการเขียนจะมีความเป็นรูปธรรม และสามารถใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงได้

ความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เป็นทักษะที่มีพื้นฐานมาจากการสื่อสารทั่วไป โดยนำเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์เข้ามาประยุกต์รวม จึงทำให้เกิดเป็นทักษะการฟัง พูด อ่าน และ เขียนในเชิงวิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาและสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้ความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546 ค, หน้า 228) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึงการแสดงความคิดหรือแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมอย่างหลากหลาย จากการสังเกต การอ่าน การทดลอง หรืออื่น ๆ ซึ่งแสดงออกด้วยการพูดหรือการเขียนมนรูปแบบที่ชัดเจนและมีเหตุผล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 ก, หน้า 152) ได้กล่าวถึงความหมายของทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์เป็น

การแสดงความคิด การแลกเปลี่ยนความรู้ หรือการนำแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ด้วยการอ่าน การฟัง การพูด และการเขียน

มังกร ทองสุขดี (2535, หน้า 137) ได้กล่าวถึงทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ทักษะการสื่อสารเป็นการใช้ภาษาไม่ว่าจะเป็นคำพูด ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ใด ๆ ย่อมจะมีการจัดประเภทคอนเซปต์ (Concept) และมีบทบาทต่อการนำไปใช้เพื่อสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ (Communication in science)

Molmfors and Garnsworthy (2002, p. 2) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยสรุปได้ว่า การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การถ่ายทอดความรู้ใหม่ หรือการสื่อความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยการเขียนหรือการพูด เพื่อให้ผู้ฟังหรือผู้อ่านมีข้อมูลที่ถูกต้อง โดยการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ต้องมีข้อมูลที่แม่นยำ มีสาระ และมีความชัดเจน

Tony Sing (2007) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สรุปได้ว่า การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นการใช้ความรู้ด้านนิเทศศาสตร์ไปใช้ในการอธิบาย สร้างความเข้าใจ จุดประกาย หรือทำให้เกิดแนวคิดต่าง ๆ จากนักวิทยาศาสตร์สู่พลเมือง หรือกลุ่มเป้าหมายให้เกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่ามีประโยชน์และโทษอย่างไร มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์เพียงใด ปลูกฝังและสร้างจิตสำนึกให้เกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ หรือทำความเข้าใจกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากความหมายของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถกล่าวได้ว่า การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เป็นความเข้าใจและประสิทธิภาพในการถ่ายทอดความรู้ให้เกิดขึ้นอีกครั้ง ผ่านสารในรูปแบบของคำพูด การเขียน หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ไปสู่ผู้รับสารให้เกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยยืนอยู่บนพื้นฐานของความชัดเจนในข้อมูลและความเป็นเหตุเป็นผล

กิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2542, หน้า 64) ได้สรุปไว้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาศักยภาพทักษะการสื่อสารควรมีให้หลากหลายและนำไปสู่การปฏิบัติจริงทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ครูควรจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้ชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ เพื่อให้นักเรียนมีความสนใจในบทเรียนมากขึ้น

สุวัฒก์ นิยมค้า (2531, หน้า 130-135) ได้กล่าวถึงการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความคิดโดยการสอนอ่าน สรุปได้ว่า เป็นลักษณะการอ่านแบบจำเรื่อง ซึ่งครูได้มอบหมายให้นักเรียนอ่านบทความหรือเอกสารต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนรายงาน ย่อความ สรุปความ หรือตอบคำถามที่ครูให้ไว้ ซึ่งการสอนแบบนี้สามารถประเมินผลนักเรียนได้ทันที นักเรียนจะได้รู้ว่าคำตอบของตนเองบกพร่องตรงไหน และส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักการอ่านหนังสือด้วยตนเอง เรียนรู้ได้กว้างขวางขึ้น นอกจากนี้ยังได้เสนอรายงานผลการทดลอง (Communication skills) เพื่อเป็นการถ่ายทอดเรื่องราวที่นักเรียนได้ดำเนินการไปทั้งหมดให้ผู้อื่นได้ทราบและเข้าใจโดยการพูดและการเขียนรายงานการทดลอง

Molmfors and Garnsworthy (2002, p. 2) ได้กล่าวถึงรูปแบบของการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไว้ สรุปได้ว่า การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์นั้นมีด้วยกันหลายรูปแบบ ได้แก่ วารสารวิทยาศาสตร์ รายงานทางวิชาการ บทคัดย่องานวิจัย บทความวิทยาศาสตร์ หนังสือพิมพ์ คอมพิวเตอร์ หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ โปสเตอร์ การประชุม การพูดนำเสนอ การสัมภาษณ์ และการอภิปราย ซึ่งการติดต่อสื่อสารในแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายและลักษณะของผู้รับสาร ดังนั้น ในการเลือกใช้รูปแบบใด ผู้ส่งสารควรพิจารณาให้รอบคอบก่อนสื่อออกไป

Thurber (1976, pp. 514-534) ได้กล่าวถึงกิจกรรมด้านทักษะในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ควรจัด สรุปได้ดังนี้

1. ศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (The vocabulary of science) ซึ่งทำให้ผู้เรียนเข้าใจที่มาและความหมายของคำศัพท์วิทยาศาสตร์หรือการสร้างคำศัพท์

2. การนำเสนอปากเปล่า (Oral presentation) ได้แก่ การจัดให้นักเรียนมีกิจกรรมดังต่อไปนี้

- การสรุปรายงานในห้องเรียนหรือรายงานสั้น ๆ ที่ให้นักเรียนได้ออกมาพูดหน้าชั้นเรียนและมีคำถามคำตอบจากเพื่อนในชั้น

- การนำเสนอโดยมีวัตถุประสงค์ของการพูดและรายงาน เช่น ครูมอบหมายให้นักเรียนไปอ่านหรือชมภาพยนตร์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ แล้วนำมาพูดรายงาน

- การนำเสนอเป็นกลุ่ม การทำงานเป็นทีมของนักเรียน โดยให้เตรียมเรื่องที่สนใจจะพูดและนำเสนอมาอภิปราย

- การให้เขียนกำหนดสถานการณ์มาและคิดแก้ปัญหานั้น เช่น เกมทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งครูอาจให้เล่นเกมในเวลาสั้น ๆ แล้วให้เขียนแสดงจินตนาการ

- รายการโทรทัศน์และวิทยุ ให้ดูรายการเกี่ยวกับหนังวิทยาศาสตร์ อาจจัดกิจกรรมโดยกำหนดระยะเวลาสั้น ๆ และให้นักเรียนนำเสนอความคิดจากการดูรายการวิทยาศาสตร์ทางโทรทัศน์หรือวิทยุ

3. การเขียนที่ดีและมีการเพิ่มการเขียนให้มากกว่าเดิม โดยสนับสนุนการเขียนของนักเรียน เช่น การให้นักเรียนได้สรุปความจากบทเรียนที่ได้เรียน หรือการให้นักเรียนเขียนจากประสบการณ์โดยไม่ต้องจำกัดจำนวนหน้าในการเขียน

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2546 ก, หน้า 228-229) ได้เสนอการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อฝึกทักษะการสื่อสารของนักเรียน ดังต่อไปนี้

1. การเล่าหรือการเขียนสรุปเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่อ่านจากหนังสือพิมพ์ วารสาร หนังสือต่าง ๆ จากการดูโทรทัศน์ หรือการสืบค้นข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต โดยมอบหมายให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้า แล้วนำมาเล่าหรือเขียนให้ผู้อื่นรับรู้ เป็นการฝึกทักษะในการสื่อสารที่ดีวิธีหนึ่ง กิจกรรมนี้อาจใช้เวลาครั้งละ 10 นาที ก่อนที่จะเริ่มการสอนปกติก็ได้

2. การเขียนสรุปการไปทัศนศึกษา หรือการศึกษาภาคสนามในโอกาสที่นักเรียนกลับมาจากทัศนศึกษาหรือศึกษาภาคสนามแล้วให้เขียนรายงานสรุปถึงความรู้ ความคิดในบางเรื่องที่ได้รับจากการไปทัศนศึกษาในแต่ละครั้ง เช่น เมื่อพาไปชมสวนสัตว์ นักเรียนควรจะสามารถเขียนบรรยายสรุปเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมทั่วไปในบริเวณสวนสัตว์ ลักษณะนิสัยของสัตว์ป่าบางชนิด รวมทั้งสภาพความเป็นอยู่และข้อคิดเห็นที่มีต่อการจัดสภาพแวดล้อมให้สัตว์ป่าเหล่านั้น หรือเมื่อไปศึกษาการบำบัดน้ำเสีย นักเรียนควรจะสามารถเขียนแผนภาพแสดงขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย และอธิบายหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแต่ละขั้นตอนได้

3. การจัดแสดงผลงาน ในกรณีที่นักเรียนทำโครงงานวิทยาศาสตร์ หรือโครงการอื่น ๆ ควรกำหนดให้มีวันที่แน่นอนเพื่อจัดแสดงผลงานให้เพื่อน ๆ ในชั้นหรือทั้งโรงเรียนได้ชม และถ้าเป็นไปได้ควรเชิญบุคคลในชุมชนมาด้วย ไม่ควรถือว่าการจัดแสดงผลงานเป็นการประกวด ในการจัดแสดงผลงานนี้ นักเรียนจะได้มีโอกาสออกแบบการจัดแสดงผลงาน รวมทั้งการจัดการเพื่อให้งานนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี นักเรียนจะต้องคัดเลือกส่วนที่สำคัญมานำเสนอในพื้นที่ที่จำกัด ซึ่งควรมีข้อความสรุปและตัวอย่างชิ้นงาน ในการนำเสนอความให้มีทั้งการเสนอด้วยวาจาและผลงาน

4. การสื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยมนุษย์ ในการทำงานได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ วิทยาการคอมพิวเตอร์จึงเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่เป็นรากฐานสำคัญต่อการพัฒนาความคิดและจินตนาการ อันจะนำไปสู่การแปลงรูปจากจินตนาการมาเป็นชิ้นงานสร้างสรรค์ที่มีประโยชน์ ปัจจุบันสิ่งประดิษฐ์มากมายล้วนแล้วแต่มีส่วนประกอบของ

คอมพิวเตอร์เข้าไปด้วย ทำให้ระบบการทำงานต่าง ๆ ได้รับการพัฒนาเข้าสู่ความเป็นอัตโนมัติมากขึ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1. นำเสนอด้วยสื่อที่เป็นรูปธรรม เช่น รูปภาพ ของจริง กราฟ ตาราง แผนภูมิ ภาพสัญลักษณ์ สื่อวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้วให้ผู้เรียนได้พรรณนาถึงสิ่งที่พบ

2. ควรใช้คำถามที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิดอย่างหลากหลายและคิดอย่างสร้างสรรค์ สามารถอธิบายความคิดของตนออกมาด้วยการพูด การเขียน ตลอดจนการให้ผู้เรียนได้ตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตนเองตามความสนใจ

3. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิดของตนเอง

4. กำหนดสถานการณ์หรือปัญหาที่ใช้สาระการเรียนรู้หรืองานที่เกี่ยวข้องใกล้ตัวผู้เรียน เช่น โครงงานที่มีกิจกรรมสืบค้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้วิธีการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และได้นำเสนอโดยตรง ทำให้ผู้เรียนเห็นคุณค่าของวิชาคณิตศาสตร์ว่าเป็นวิชาที่มีประโยชน์ในการดำรงชีวิต

5. จัดกลุ่มให้ผู้เรียนได้ร่วมมือและช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ เพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดการสื่อสารในรูปแบบของการอธิบาย

6. ใช้การชี้แนะทางตรงและชี้แนะทางอ้อม เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ และเห็นเป้าหมายที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การแก้ปัญหา

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงบทบาทของครูผู้สอนในการพัฒนาทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอไว้ ดังนี้

1. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้หลากหลาย ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

2. จัดห้องเรียนให้มีบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เช่นจัดป้ายนิเทศเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่เหมาะสมกับผู้เรียน จัดบอร์ดแสดงผลงานทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน

3. ใช้คำถามที่หลากหลายเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดอภิปราย อธิบาย แสดงความคิดเห็นและให้เหตุผลที่แสดงถึงการเชื่อมโยงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือปัญหา การได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้อง เหมาะสม ชัดเจน พยายามช่วยให้ผู้เรียนใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องใน

การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันระหว่างผู้เรียน และสามารถตรวจสอบความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันด้วย

4. ผู้สอน ต้องเป็นทั้งผู้รับสารและผู้ส่งสารที่ดี ให้การสนับสนุนในการนำเสนอ พูด ฟัง อ่าน และเขียน

5. ใช้สื่ออุปกรณ์ แหล่งการเรียนรู้ หรือภูมิปัญญาท้องถิ่นที่สอดคล้องเหมาะสมกับสาระการเรียนรู้และผู้เรียน

6. กำหนดเกณฑ์วิธีวัดผลและประเมินผลให้หลากหลายเหมาะสม และนำผลการประเมินมาช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ

จากวิธีและขั้นตอนต่าง ๆ ในข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสร้างการเรียนรู้ให้นักเรียนผ่านการลงมือปฏิบัติ มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาทักษะการสื่อสารด้านการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการออกแบบกิจกรรมให้เกิดความหลากหลาย สามารถนำไปสู่การปฏิบัติจริงทั้งในและนอกชั้นเรียน เช่น การเล่าเรื่องจากการอ่าน การดู หรือประสบการณ์ที่ได้เจอ การเขียนเพื่อบรรยายและตอบปัญหา การอ่านแล้วอภิปรายร่วมกัน การชมเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ การอ่านและเขียนศัพท์วิทยาศาสตร์ การพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียน การจัดแสดงผลงาน และการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

แผนการจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและหน่วยงานด้านการศึกษาได้เสนอองค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2542, หน้า 1) ได้เสนอรูปแบบของการจัดกิจกรรมฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนที่สรุปได้ดังนี้

1. ชื่อกิจกรรม เป็นส่วนที่บอกให้ทราบถึงทักษะด้านที่ต้องการฝึก

2. คำชี้แจง เป็นส่วนที่อธิบายความมุ่งหมายและความสำคัญของการจัดกิจกรรม และอธิบายหลักหรือแนวทางในการฝึกทักษะ โดยกล่าวให้เห็นภาพอย่างกว้าง ๆ ทั้งนี้ เพื่อให้ครูได้เห็นภาพของกิจกรรมอย่างคร่าว ๆ และทำให้ครูได้ทราบว่า กิจกรรมนั้นมีลักษณะตรงตามความประสงค์หรือไม่

3. จุดมุ่งหมาย เป็นส่วนที่ระบุจุดมุ่งหมายที่สำคัญของกิจกรรมนั้น ๆ ประกอบด้วย

3.1 จุดมุ่งหมายทั่วไป เป็นส่วนที่บอกถึงจุดมุ่งหมายปลายทาง หรือพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นตามกิจกรรมนั้น ๆ

3.2 จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม เป็นส่วนที่บ่งชี้ให้นักเรียนได้แสดงพฤติกรรมที่กำหนดโดยสังเกตและวัดได้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่คาดหวัง

4. แนวคิด เป็นส่วนที่ระบุเนื้อหาหรือมโนมติของกิจกรรมนั้น เป็นการอธิบายให้ครูทราบว่าอะไรเป็นสาระสำคัญที่นักเรียนควรจะได้รับและเข้าใจจากการเรียนตามกิจกรรมนั้น

5. สื่อ เป็นส่วนที่ระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการดำเนินกิจกรรมเพื่อช่วยให้ครูทราบว่าจะต้องเตรียมอะไรล่วงหน้าบ้าง

6. เวลาที่ใช้ เป็นส่วนที่ระบุถึงโดยประมาณว่ากิจกรรมนั้นควรใช้เวลาเพียงใด แต่อย่างไรก็ตาม ครูอาจยืดหยุ่นเวลาตามความจำเป็น หากนักเรียนมีความพร้อมน้อยก็อาจใช้เวลามากขึ้น

7. ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม เป็นส่วนที่ระบุวิธีการดำเนินกิจกรรม เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมประกอบด้วย ขั้นนำ ขั้นกิจกรรม ขั้นอภิปราย และขั้นสรุป

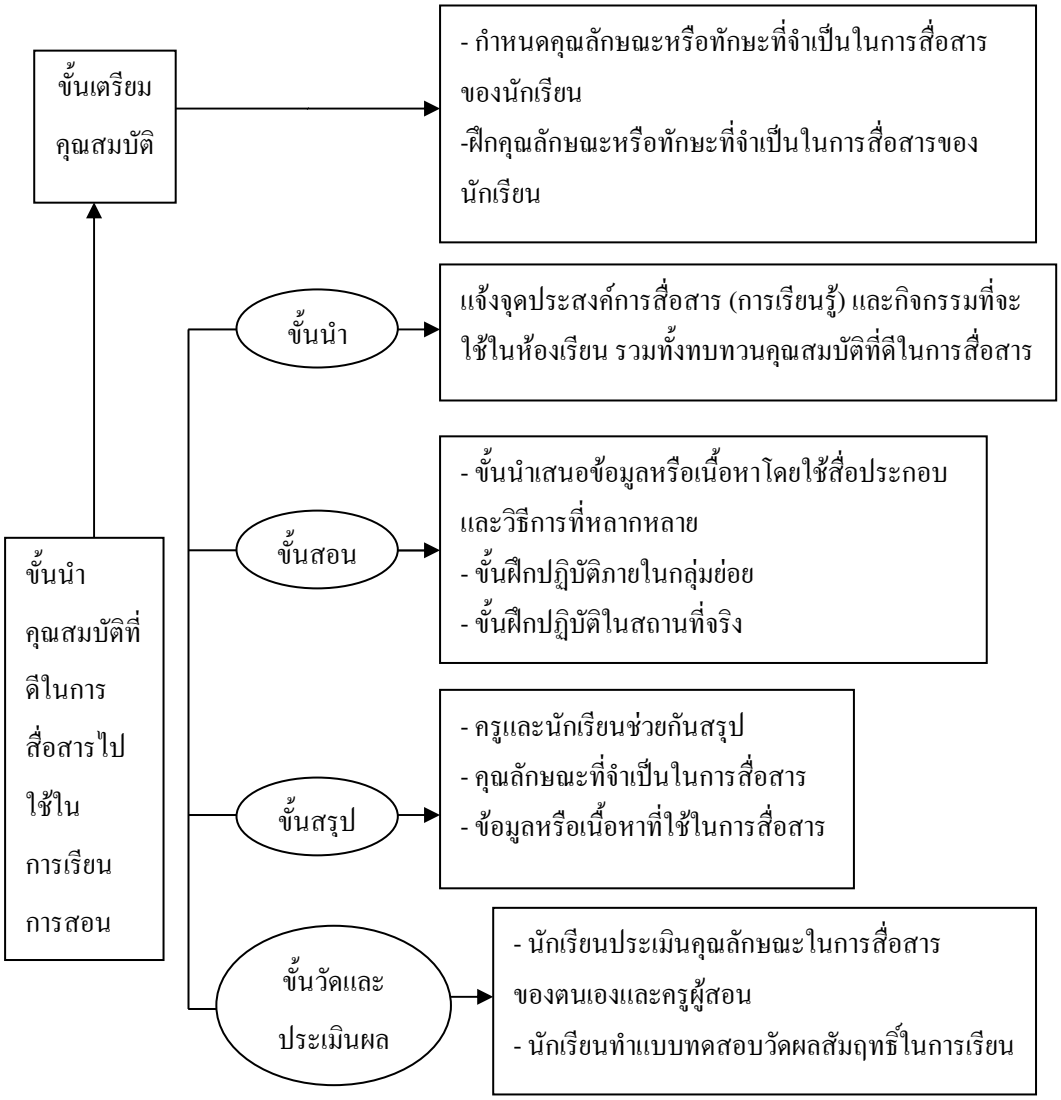
8. การประเมินผล เป็นการทดสอบนักเรียนหลังจากจบบทเรียนของแต่ละกิจกรรม ว่ามีความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่เรียนหรือฝึกไปเพียงใด โดยแบบทดสอบจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหา และแนวคิดที่ตั้งไว้

9. ภาคผนวก เป็นส่วนที่ให้ความรู้กับครู ประกอบด้วย คำเฉลยของแบบทดสอบ แบบฝึกกิจกรรม คำเฉลยของแบบฝึกกิจกรรม ความรู้เพิ่มเติม และข้อเสนอแนะ เป็นต้น

กองวิจัยทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2542, หน้า 62-63) ได้เสนอรูปแบบการพัฒนาทักษะการสื่อสารไว้ 2 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นเตรียมคุณสมบัติ เป็นขั้นที่ครูกำหนดคุณสมบัติที่จะใช้ในการเรียนของนักเรียนว่าคืออะไร และกำหนดวิธีการฝึกคุณลักษณะนั้น ๆ แล้วให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อให้เกิดคุณลักษณะตามที่กำหนด

2. ขั้นการนำคุณสมบัติที่ดีในการสื่อสารไปใช้ในการเรียนการสอน เป็นขั้นที่ครูจะต้องสอนเนื้อหาตามหลักสูตร โดยใช้คุณลักษณะที่ดีในการสื่อสารของนักเรียน เพื่อนำไปสู่ความสัมฤทธิ์ผลในการเรียน ซึ่งมีขั้นตอนในการสอน 4 ขั้นตอน คือ ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป และขั้นประเมินผล ดังภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 ขั้นตอนของรูปแบบการสอนเพื่อเสริมสร้างทักษะการสื่อสาร

จากแผนการจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า ครูควรวางแผนการจัดกิจกรรมอย่างชัดเจนและเป็นขั้นตอน โดยกำหนดเป้าหมายของทักษะที่ต้องการให้นักเรียนฝึกฝน กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดในการเรียน แจ้งวัตถุประสงค์ในการจัดกิจกรรมแก่นักเรียน มีการนำเสนอข้อมูลในหลากหลายวิธี เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติเฉพาะกลุ่มและในสถานที่จริง ทำการสรุปผลของกิจกรรมที่ปฏิบัติร่วมกัน ให้นักเรียนประเมินผลตนเองและครูผู้สอนหลังกิจกรรม และสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในบทเรียน

เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

สถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้แนวทางในการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ทั้งด้านการอ่าน การฟัง การพูด และการเขียน ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสาร หรือแบบสังเกตการแสดงออกเชิงพฤติกรรมของนักเรียน ดังนี้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2548, หน้า 58) ได้กล่าวถึงการประเมินผลสัมฤทธิ์จากการฟังของนักเรียนไว้ ดังนี้

1. นักเรียนทราบจุดประสงค์ของผู้พูดหรือไม่ ถ้าทราบแล้วสามารถบอกได้ว่าจุดประสงค์นั้นคืออะไร

2. นักเรียนทราบหรือไม่ว่าข้อความที่ผู้พูดพูดมานั้นครบถ้วนหรือไม่ ถ้าทราบแสดงว่าการฟังของนักเรียนสูงขึ้นไปอีกขั้นหนึ่ง

3. นักเรียนบอกได้ว่าเนื้อความที่ได้ฟังนั้นน่าเชื่อถือหรือไม่ อย่างไร ถ้าบอกได้ชัดเจนแสดงว่าการฟังสัมฤทธิ์ผลในระดับสูงขึ้นไปอีก แต่ถ้าบอกไม่ได้หรือไม่สามารถระบุได้ แสดงว่าการฟังของนักเรียนยังไม่สัมฤทธิ์ผลในขั้นนี้

4. นักเรียนบอกได้ว่า สารที่ได้ฟังนั้นมีคุณค่า เป็นประโยชน์หรือไม่ อย่างไร ถ้าบอกได้หรือประเมินได้ การฟังนั้นก็สัมฤทธิ์ผลในขั้นสูงขึ้นไปอีก

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545, หน้า 26) ได้ระบุถึงแนวทางการประเมินการอ่าน คิดวิเคราะห์ และเขียน สรุปได้ว่า เป็นการประเมินศักยภาพของผู้เรียนในการอ่านหนังสือ เอกสารและสื่อต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง คล่องแคล่ว แล้วนำมาสรุปเป็นความรู้ความเข้าใจของตน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เนื้อหาสาระของเรื่องที่อ่าน ซึ่งนำไปสู่การสังเคราะห์ สร้างสรรค์และแสดงความคิดเห็นในเรื่องต่าง ๆ และความสามารถในการถ่ายทอดความคิดเหล่านั้นด้วยการเขียนสื่อความที่สะท้อนถึงสติปัญญา ความรู้ความเข้าใจ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ แก้ปัญหา และสร้างสรรค์จินตนาการอย่างเหมาะสมและมีคุณค่า พร้อมด้วยประสบการณ์และทักษะในการเขียนที่มีสำนวนภาษาถูกต้อง มีเหตุผล และลำดับขั้นตอนในการนำเสนอที่สามารถสร้างความเข้าใจให้แก่ผู้อ่านได้อย่างชัดเจน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546 ข, หน้า 13) ได้ระบุว่ากระบวนการเรียนรู้ด้านการสื่อสาร สามารถประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนโดยมีการสื่อสารความรู้หรือแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ หรือความคิดเห็นแสดงออกได้ดังนี้

1. ให้ความคิดเห็นหรือแลกเปลี่ยนความรู้

2. พูดหรือเขียนในรูปแบบที่เหมาะสม ชัดเจน และมีเหตุผล

3. อธิบายหรือเขียนสรุปเรื่องราวการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ

4. นำเสนอผลงานด้วยการบันทึก การจัดแสดงผลงานหรือการสาธิต

5. สื่อสารด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2542, หน้า 2) ได้ให้แนวทางการตรวจให้คะแนนการเขียนไว้ ดังนี้

1. องค์ประกอบการเขียนต้องมีความถูกต้องตามลักษณะการเขียน

2. เนื้อหาสาระของเรื่องต้องสัมพันธ์กับชื่อเรื่อง มีประเด็นสำคัญสมบูรณ์และชัดเจน มีข้อมูลสนับสนุน เพื่อความชัดเจนของเรื่องอย่างสมบูรณ์

3. สำนวนภาษาต้องใช้ถ้อยคำสุภาพ เหมาะสมกับบุคคล การใช้สำนวนโวหารตรงตามความหมาย การเชื่อมคำ เชื่อมประโยค เชื่อมข้อความที่ถูกต้อง การเรียบเรียงถ้อยคำต่อเนื่อง เป็นลำดับ เข้าใจง่าย

4. อักขรวิธีต้องมีการสะกดคำ การใช้อักษรย่อ การใช้สัญลักษณ์ เครื่องหมายวรรคตอน เป็นไปตามหลักเกณฑ์การใช้ภาษาไทย

5. ความสะอาดเรียบร้อย ต้องเขียนเป็นระเบียบ อ่านง่าย สะอาด ไม่มีรอยลบขีดฆ่า

กองวิจัยการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2542, หน้า 61) ได้ระบุถึงการวัดและประเมินผลการสื่อสารไว้ว่า ผู้ประเมินควรคำนึงถึงประเด็นในการประเมิน 2 ประเด็น คือ

1. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ในการสื่อสาร

2. การวัดและประเมินกระบวนการในการสื่อสาร

สุภัทรา อักษรนุเคราะห์ (2532, หน้า 64-66) ได้เสนอการวัดความสามารถด้านการฟังไว้ว่า การวัดและประเมินผลทักษะการฟัง อาจดำเนินการในระหว่างการเรียนการสอนได้ เพื่อดูความรู้ความสามารถที่จะสื่อสารในเรื่องที่เรียนและในตอนปลายภาคด้วย การวัดและประเมินทักษะการฟังทำได้ดังนี้

1. ให้ตอบคำถาม

2. ให้ฟังแล้วลำดับภาพเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

3. ให้ฟังบทสนทนาแล้วตอบคำถาม

4. ใช้แบบทดสอบเขียนหรือปากเปล่า โดยให้ผู้เรียนฟังเรื่องจากผู้สอนหรือเทป แล้วเติมคำที่ขาดหายไปจากบทสนทนา ข้อความ หรือเรื่องเล่า

ฐาปนีย์ กาละกาญจน์ (2548, หน้า 74-77) ได้กล่าวถึงการประเมินผลการพูด สามารถสรุปขั้นตอนการประเมินผลการพูดที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปมี 2 วิธี คือ

1. วิธีการประเมินผลโดยใช้แบบฟอร์ม

แบบฟอร์มประเมินผลการพูดที่ใช้กันโดยทั่วไปมักครอบคลุมการประเมินผลในเรื่องของเนื้อหาสาระ การใช้เสียงและภาษา การใช้สีหน้า แววตา สายตา การใช้อากัปกิริยาประกอบการพูด การปรับตัวให้เข้ากับผู้ฟัง มารยาทในการพูด ความกระตือรือร้น และการรักษาเวลา เป็นต้น

2. วิธีการประเมินผลโดยไม่ใช้แบบฟอร์ม

การประเมินผลโดยไม่ใช้แบบฟอร์ม นับเป็นการประเมินผลที่ให้อิสระแก่ผู้ประเมินผลมากที่สุด โดยการสังเกตทั้งจุดเด่นและจุดด้อยของผู้พูดเอาไว้ ถึงแม้จะไม่ใช้แบบฟอร์ม แต่ก็ต้องมีการบันทึกไว้ตามที่สังเกตได้ โดยใช้วิธีการฟังไปบันทึกไว้เป็นหลักฐานเพื่อใช้ผลตามวัตถุประสงค์อื่น ๆ ต่อไป

จากขั้นตอนของเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่สถาบันการศึกษาและนักการศึกษาได้ให้ไว้ สรุปได้ดังนี้

1. ประเมินความสามารถในการฟังโดยการให้ฟังบทสนทนาและตอบคำถาม

2. ประเมินความสามารถในการอ่านผ่านการวิเคราะห์จากเนื้อหาสาระที่ได้อ่าน

3. ประเมินความสามารถในการพูดโดยการใช้แบบฟอร์มและประเมินแบบอิสระ

4. ประเมินความสามารถในการเขียนโดยพิจารณาจากการใช้หลักภาษา

โดยในแต่ละทักษะจะมีองค์ประกอบที่ใช้ในการประเมินที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ การเข้าใจในความคิดรวบยอด ประเด็นสำคัญ มีการถ่ายทอดความคิดและข้อมูลสนับสนุนอย่างชัดเจน และใช้ภาษาได้อย่างถูกต้อง เป็นต้น

ในด้านของเกณฑ์การประเมินและให้คะแนนในรูปแบบของรูบริคส์ (Rubrics) กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2545, หน้า 54) ได้ระบุว่าวิธีดังกล่าวมี 2 แบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) คือ การให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่ง โดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจ ความคิดรวบยอด การสื่อความหมาย กระบวนการที่ใช้ และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นชิ้น ๆ โดยอาจแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0-4 หรือ 0-6 สำหรับในชั้นต้น การให้คะแนนรูบริคส์ อาจแบ่งวิธีการให้คะแนนได้หลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งงานตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

กองที่ 1 ได้แก่ งานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษ และเขียนอธิบายลักษณะของคนที่มีคุณภาพเป็นพิเศษ

กองที่ 2 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้ และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้

กองที่ 3 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้น้อย หรือยอมรับไม่ได้ และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย

จากนั้น ก็นำงานแต่ละกองมาให้เป็นคะแนน โดยให้เป็น 3 ระดับ คือ

งานกองที่ 1 จะให้ 6 หรือ 5 คะแนน

งานกองที่ 2 จะให้ 4 หรือ 3 คะแนน

งานกองที่ 3 จะให้ 2 หรือ 1 คะแนน

สำหรับงานที่แสดงว่าไม่ได้ใช้ความพยายามเลย ให้ 0 คะแนน

วิธีที่ 2 กำหนดระดับความผิดพลาด โดยพิจารณาจากความบกพร่องของคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด แล้วหักจากคะแนนสูงสุดมาทีละระดับ ดังนี้

คะแนน 4 หมายถึง คำตอบถูกต้อง แสดงเหตุผลถูกต้อง มีแนวคิดชัดเจน

คะแนน 3 หมายถึง คำตอบถูกต้อง แสดงเหตุผลถูกต้อง แต่อาจมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย

คะแนน 2 หมายถึง เหตุผลหรือการคำนวณผิดพลาด แต่มีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบ

คะแนน 1 หมายถึง แสดงวิธีคิดเล็กน้อย แต่ไม่ได้คำตอบ

คะแนน 0 หมายถึง ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูกเลย

วิธีที่ 3 กำหนดระดับคำตอบและคำอธิบาย เช่น รูบริคส์ของความสามารถเข้าใจเนื้อหาสาระ ซึ่งเขียนได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

4 หมายถึง การสาธิตหรือแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องแม่นยำในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงาน หรือสถานการณ์ที่กำหนด รวมทั้งเสนอแนวคิดใหม่ที่แสดงถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งถึงกฎเกณฑ์หรือลักษณะของข้อมูล

3 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้

2 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจไม่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ในบางส่วน

1 หมายถึง การแสดงออกให้เห็นถึงการเข้าใจไม่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ในส่วนใหญ่

0 หมายถึง ไม่แสดงความคิดเห็นใด ๆ

มาตราวัดนี้ บรรยายความสามารถแสดงออกตั้งแต่ระดับ 0 ซึ่งต่ำสุดไปจนถึงระดับ 4 ซึ่งเป็นระดับความสามารถสูงสุด โดยปกติระดับของรูบริคส์จะต้องมีการพิจารณาว่าระดับใดที่จะยอมรับได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับ 3 ขึ้นไปมีคำอธิบายถึงการแสดงออกที่ยอมรับได้ เพราะนักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่สมบูรณ์ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เพื่อให้มองเห็นคุณภาพของงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน ดังนี้

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในปัญหาที่ถามกระจ่างชัด

2.2 สื่อความหมายสื่อสาร คือ ความสามารถในการอธิบายนำเสนอผลการบรรยายเหตุผล แนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธีกระบวนการที่นำไปสู่ความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ผลสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน โดยครูต้องให้นักเรียนทราบรูบริคส์เมื่อครูให้นักเรียนทำชิ้นงาน

จากเกณฑ์การประเมินและให้คะแนนแบบรูบริคส์ (Rubrics) สรุปได้ว่า วิธีประเมินดังกล่าว มี 2 แบบ คือ การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) เป็นการให้คะแนนโดยอิงจากภาพรวมของชิ้นงานและให้คะแนนตั้งแต่ระดับ 0-4 หรือ 0-6 และการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) ซึ่งแยกองค์ประกอบของงานออกเป็น 4 แบบ คือ ความเข้าใจในความคิดรวบยอด สื่อความหมายสื่อสาร การใช้กระบวนการและยุทธวิธีในการสื่อสาร และผลสำเร็จของงาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการวิจัยและการวัดผลประเมินผล 2 ด้าน คือความสามารถด้านการอ่านและความสามารถด้านการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากได้เล็งเห็นว่า แหล่งความรู้ส่วนใหญ่ที่นักเรียนได้ศึกษาในโรงเรียนคือ หนังสือ เช่น หนังสือในห้องสมุด ที่นักเรียนต้องอาศัยความสามารถด้านการอ่านเพื่อรับข้อมูลหรือความรู้ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในส่วนของการทำการบ้านหรือรายงานส่ง

ครูซึ่งส่วนใหญ่เป็นรูปแบบของการเขียน นักเรียนจึงควรได้รับการพัฒนาความสามารถด้านการเขียนทางวิทยาศาสตร์ด้วยเช่นกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

จันทร์พร พรหมมาศ (2541, หน้า 122) ได้ศึกษาผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้นั้น มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

รุจาภา ประถมวงษ์ (2551, หน้า 103) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนแบบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และนักเรียนที่เรียนแบบแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เจริญสุข คงชาติ (2552, หน้า 95) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูน ใช้ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ 12 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วันเพ็ญ และคณะ (2556, หน้า 134) ได้ศึกษาการพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารและสมบัติของสาร ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน เฉลี่ยร้อยละ 73.33 ของคะแนนเต็ม ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือร้อยละ 65

ของคะแนนเต็ม และมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กาญจนา เป็งวงศ์ (2546, หน้า 109) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ธวัชชัย คงนุ่ม (2550, หน้า 116) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ตามแนววงจรการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

แสงเดือน เจริญฉิม (2552, หน้า 105) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริมมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีเครื่องมือการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการแก้ปัญหามีค่าความเชื่อมั่น 0.88 ผลการทดลองใช้รูปแบบการสอนข้างต้น พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจในมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ มีความสามารถในการแก้ปัญหา หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมบูรณ์ รัตนบุญศรีทอง (2553, หน้า 92) ได้ศึกษามโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ TSOI เปรียบเทียบกลุ่มที่เรียนโดยรูปแบบการสอนดังกล่าวกับวิธีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่มีค่าความเที่ยง 0.85 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบค่า t ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีหลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมเจตน์ อุระศิลป์ (2553, หน้า 101) ได้ศึกษาการสำรวจและปรับแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือแบบใหม่ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนเฉลี่ย 42.64 จากการวิเคราะห์

ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบค่า t แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่านักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value น้อยกว่า 0.001) และมีความก้าวหน้าทางการเรียนร้อยละ 33.28 ซึ่งมีร้อยละมโนทัศน์ก่อนเรียนถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เท่ากับ 15.67 36.77 และ 52.56 ตามลำดับ และมีร้อยละมโนทัศน์หลังเรียนถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เท่ากับ 59.80 27.07 และ 13.13 ตามลำดับ

เนตรนภางค์ สัญศรีเมือง (2545, หน้า 107) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง มีทักษะการสื่อสารในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ ที่ระดับความเชื่อมั่น .05

อัจฉราภรณ์ สุริยงค์ (2548, หน้า 112) ได้ศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบค่า t แบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชนัตว์ ชามทอง (2550, หน้า 138) ได้จัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ได้แผนการจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 จำนวน 7 แผน คือ การฟังเพื่อจับใจความสำคัญ การอ่านเพื่อหาคำตอบ แผ่นพับวิทยาศาสตร์ 2 นาทีมีสาระ เล่าข่าววิทยาศาสตร์ รู้แล้วบอกต่อ และเวทีความคิด นอกจากนี้ นักเรียนที่ได้เข้าร่วมกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังปฏิบัติกิจกรรมสูงกว่าก่อนปฏิบัติกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นาฏยา ต๊ะวงศ์ (2552, หน้า 95) ศึกษาการพัฒนาความรู้และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ประเภทการแสดงโชว์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมการแสดงโชว์ทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เมื่อพิจารณาแต่ละกิจกรรมและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน พบว่านักเรียนมีผลของความรู้

วิทยาศาสตร์ทุกกิจกรรมและคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในทุกด้านหลังทำกิจกรรมสูงกว่าก่อนทำกิจกรรมตามลำดับ และโดยภาพรวม นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง

อรพินท์ ตันเมืองใจ (2556, หน้า 127) ศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้สมองเป็นฐาน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและทดสอบค่า *t* แบบสองกลุ่มสัมพันธ์กัน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป ผลการวิจัยพบว่า คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว สูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

งานวิจัยต่างประเทศ

Collins (1990, p. 78) ได้ศึกษาเรื่อง รูปแบบการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 30 คน โดยใช้ไอคิวและเกรดวิชาคณิตศาสตร์เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะร่วมกันอภิปราย 4 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที ซึ่งเนื้อหาที่ใช้ในการอภิปรายเป็นเนื้อหาเชิงตรรกวิทยาและทฤษฎีเซ็ต จัดให้ทั้งสองกลุ่มมีการสืบเสาะตลอดเวลา และยังเพิ่มประสบการณ์ต่าง ๆ ให้นักเรียน เช่น ฉายภาพยนตร์ และตั้งปัญหาตรรกวิทยา 8 ข้อ จากผลการศึกษา กลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ย 6 คะแนน กลุ่มควบคุมได้คะแนนเฉลี่ย 5 คะแนน

Mason (1997, p. 53) ได้ศึกษาการเรียนพีชคณิตด้วยตนเองโดยใช้วิธีการสอนแบบการสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อยของนักเรียนเกรด 9 มีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบที่มีผลต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยใช้การสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อย และแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบเหล่านั้นมีผลต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 22 คนที่เรียนวิชาพีชคณิต ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดีจากการสอนโดยใช้การสืบสวนสอบสวนกลุ่มย่อย ซึ่งสามารถสังเกตได้จากการสร้างสรรค์ความรู้ของนักเรียน นักเรียนสามารถเรียนรู้การดำเนินงานที่ซับซ้อนและความหมายของลักษณะความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์

Abraham, Williamson, and Westbrook (1994, pp. 147-165) ได้ศึกษาความเข้าใจที่ผิดพลาดของนักเรียนเกรด 9 ที่มีอายุต่างกันเกี่ยวกับมโนทัศน์ในรายวิชาเคมี 5 โดยใช้แบบทดสอบอัตนัย ผลการศึกษาพบว่าโดยภาพรวมนั้น นักเรียนทุกเกรดมีความเข้าใจถูกต้องสมบูรณ์จำนวนร้อยละ 1 มีความเข้าใจเพียงบางส่วนจำนวนร้อยละ 10.7 มีความเข้าใจเพียงบางส่วนและมีความเข้าใจผิดพลาดอยู่ด้วยจำนวนร้อยละ 35.7 มีความเข้าใจผิดพลาดจำนวนร้อยละ 45.7 และไม่เข้าใจเลยจำนวนร้อยละ 7

Mottet et al. (2008, pp. 333-335) ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสอนโดยเน้นการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 497 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยเน้นการสื่อสาร มีความเข้าใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่ากลุ่มปกติ และนักเรียนที่เรียนกลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจไม่แตกต่างกับกลุ่มนักเรียนที่เรียนวิชาอื่นที่ได้รับการสอนโดยเน้นการสื่อสาร

Chang, Chen, Guo, Chien, and Su (2009, pp.1213-1233) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์: การสืบเสาะหาความรู้และการสื่อสาร มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาคือ พัฒนาเครื่องมือวัดความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยขนาดใหญ่ในไต้หวัน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบรายงานตนเองแบบ Likert จำแนกหัวข้อออกเป็น 2 ส่วน คือ ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสื่อสาร กลุ่มตัวอย่างสุ่มจากนักเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย ในพื้นที่ที่ต่างกันของไต้หวัน เพื่อใช้ในการตรวจสอบเครื่องมือและพิสูจน์ความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง ผลจากการศึกษาพบว่า เครื่องมือ คำถาม คำถามย่อยมีความเที่ยงภายใน และมีความตรงเชิงโครงสร้าง และคำถามย่อยจัดได้ว่าอยู่ในองค์ประกอบเดียวกัน (จากการวิเคราะห์แบบ Factor analysis) จึงเสดงให้เห็นว่า เครื่องมือที่ใช้ เป็นเครื่องมือวิจัยที่เหมาะสมสำหรับการวัดความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ส่วนใหญ่พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ ซึ่งนักเรียนจะได้รับโอกาสได้กำหนดแนวทางค้นหาคำตอบและลงมือสืบเสาะหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งมีครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทางและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้โดยการตั้งคำถาม และการนำเสนอสื่อเพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดค้นหาคำตอบ จนนำไปสู่การแก้ปัญหาและมีความยั่งยืนในการเรียนรู้ได้ ในส่วนของการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ พบว่า การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์นั้น สามารถใช้จัดการเรียนรู้ในรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ซึ่งผลการประเมินการทดลองจะทำให้ทราบว่า ผู้เรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใดบ้าง มีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ ไม่สมบูรณ์ และคลาดเคลื่อนอย่างไร ทำให้ครูสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ของตนเองให้มีประสิทธิผลได้มากยิ่งขึ้น และจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการสื่อสารทาง

วิทยาศาสตร์นั้น ได้มีการใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้อย่างหลากหลายพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยส่งเสริมกิจกรรมด้านความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มีตัวแปรตาม เช่น ผลสัมฤทธิ์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และอื่น ๆ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะด้านการสื่อสารในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และครูสามารถนำผลการประเมินการสื่อสารมาพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ได้ในครั้งต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ทั้งหมด 4 ห้องเรียน จำนวน 127 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถของนักเรียน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งสิ้น 29 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนสอบหลัง (One Group Pretest-Posttest Design) (Campbell & Stanley, 1966, p.7) ซึ่งมีแบบแผนการทดลองดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนสอบหลัง (One Group Pretest-Posttest Design)

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	O_1	X_1	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มตัวอย่าง

O_1 แทน การทดสอบก่อนเรียน

O_2 แทน การทดสอบหลังเรียน

X_1 แทน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

3. แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิต

“พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา โดยกำหนดเนื้อหาในเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ใช้เวลาทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง แบ่งเนื้อหาแต่ละชั่วโมง ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 เนื้อหาวิชาและจำนวนชั่วโมงที่ใช้

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
1. วิเคราะห์ผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	แผนที่ 1 การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	1. นักเรียนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์และวิเคราะห์ผลการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ในอดีตที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์ด้วยแสง 3. ตระหนักถึงความสำคัญในการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์	10	1
2. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	แผนที่ 2 กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	4. มีความใฝ่เรียนรู้ 5. นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของ	25	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
3. เขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง		กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 6. นักเรียนสามารถเขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอ่านจับใจความสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 7. ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง		
4. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของการเกิด Photorespiration และกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4 5. เขียนสรุปลำดับขั้นตอนการเกิด Photorespiration และกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4	แผนที่ 3 Photorespiration และกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4	8. นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของการเกิด Photorespiration และกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4 9. นักเรียนสามารถเขียนสรุปลำดับขั้นตอนการเกิด Photorespiration และกลไกการเพิ่คาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4 จากการอ่าน 10. มีจิตวิทยาศาสตร์ 11. ใฝ่เรียนรู้	25	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
6. อธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของการเกิดกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. เขียนสรุปลำดับกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM	แผนที่ 4 กลไกการเพิ่ม CO_2 ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	12. นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของการเกิดกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง 13. นักเรียนสามารถเขียนสรุปลำดับขั้นตอนการเกิดกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM 14. มีจิตวิทยาศาสตร์ 15. ใฝ่เรียนรู้	25	3
7. วิเคราะห์กระบวนการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	แผนที่ 5 การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	16. นักเรียนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนที่สำคัญของการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง 17. นักเรียนสามารถสร้างมโนทัศน์และวิเคราะห์กระบวนการปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	15	2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	น้ำหนัก (ร้อยละ)	จำนวนชั่วโมง
		18. มีความใฝ่เรียนรู้		
รวม			100	12

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้มีดังนี้

1.4.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.4.2 ผลการเรียนรู้

1.4.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.4 สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด

1.4.5 สาระการเรียนรู้

1.4.6 กิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

4) ขั้นขยายความรู้

5) ขั้นประเมินผล

1.4.7 การวัดและประเมินผล

1.4.8 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนและความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ และนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่

มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533, หน้า 138) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 80) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีความเหมาะสมตั้งแต่ 4.09-4.24 (ภาคผนวก ข-6 หน้า 138)

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

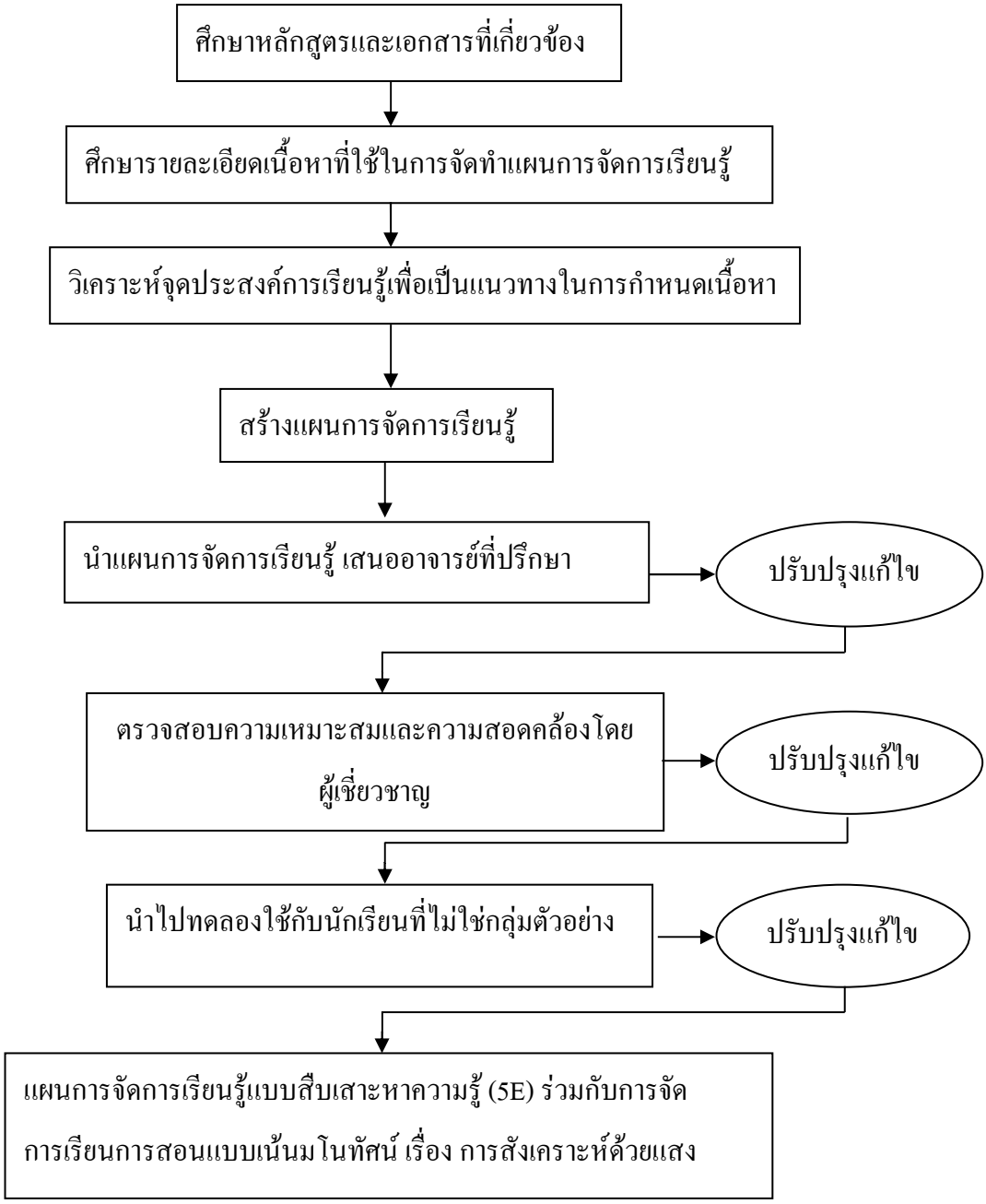
- ปรับหัวข้อในจุดประสงค์การเรียนรู้จากคุณลักษณะอันพึงประสงค์เป็นจิตพิสัย
- ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายมากขึ้น
- ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปโดย ให้นักเรียนเป็นผู้สรุปเอง
- ระบุชื่อของสื่อและแหล่งการเรียนรู้ให้มีความชัดเจน
- ตรวจสอบและปรับแก้การสะกดคำผิด

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ และบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุง โดยมีรายละเอียดในการปรับแก้ดังนี้

- ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ในการทดลองเรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

- ปรับเนื้อหาสื่อ Power point ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2, 3 และ 4

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ต่อไป โดยขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แสดงดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ผังขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 วิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

สาระการเรียนรู้	**มโนทัศน์ทางชีววิทยา**	**จำนวนข้อสอบที่สร้าง**	**จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง**
1. การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง	- การหายใจ การเน่าเปื่อย และการตายของสัตว์ทำให้อากาศเสีย - พืชสามารถเปลี่ยนอากาศให้บริสุทธิ์ ซึ่งการที่พืชจะเปลี่ยนอากาศให้ดีได้นั้น ต้องได้รับแสงและเก็บอาหารไว้ในรูปของธาตุคาร์บอน - แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจของสัตว์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนแก๊สที่ช่วยในการลุกไหม้และใช้ในการหายใจของสัตว์คือ แก๊สออกซิเจน และสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเป็นน้ำตาล ซึ่งเป็นสารคาร์โบไฮเดรต - แบคทีเรียจะรวมตัวกันมากที่สุดในบริเวณที่สาหร่ายได้รับคลื่นแสงสีแดงและสีม่วง ซึ่งเป็นจุดที่ผลิตออกซิเจนได้มากที่สุด ซึ่งแสงจะมีบทบาททั้งในพืชและแบคทีเรีย ทำให้โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น H^+ กับ OH^- จากนั้น H^+ จะเข้าทำปฏิกิริยากับ CO_2 เกิดเป็นคาร์โบไฮเดรต (CH_2O) ขึ้น - ไฮโดรเจนที่เกลือเฟอริกในคลอโรพลาสต์ได้รับและออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่ายนั้นมาจากน้ำ	10	5

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
2. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	- ปฏิกิริยาแสงเกิดที่ Thylakoid membrane นำพลังงานแสงมาสร้าง NADPH และ ATP ส่วนการตรึง CO_2 ด้วย Calvin cycle จะเกิดที่ Stroma โดยนำ NADPH และ ATP ที่ได้มาเปลี่ยนเป็น CO_2 ให้เป็นน้ำตาล - e^- ของอะตอมที่อยู่ในรงควัตถุจะอยู่ในสภาพปกติ แต่เมื่อได้รับพลังงานค่าหนึ่งจากอนุภาคแสง e^- จะกลายเป็นอยู่ในสภาพเร่งเร้า และเมื่อ e^- ตกกลับมาที่เดิมจะปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งรงควัตถุต่างชนิดมีพลังงานต่างกันในการกระตุ้น e^- - เมื่อ e^- ของศูนย์กลางใน PS II เด้งขึ้นมาทำให้ PS II ต้องการ e^- อย่างมาก จึงแย่ง e^- มาจากน้ำใน Lumen ทำให้น้ำแตกตัว โดยมีธาตุ Mn และ Cl เข้าช่วย เรียกว่าเกิด Photolysis ดังสมการ $H_2O \rightarrow 1/2O_2 + 2H^+ + 2e^-$ ซึ่ง O_2 ที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ด้วยแสงก็เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยานี้ - e^- ของ PS II ที่เด้งขึ้นจะถูกนำไปอุดช่องว่างของ PS I กระบวนการนี้จะเหมือนกับการหายใจระดับเซลล์ ที่มีโปรตีนมารับ e^- เป็นทอดๆ คือ PS II → Plastoquinone (Pq) → Cytochrome complex (มี Fe เป็นองค์ประกอบ) → Plastocyanin → PS I	20	10

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	- พลังงานแสงที่สะสมใน e^- ของ PS II จะค่อย ๆถูกปลดออกมาในขณะถ่ายทอด เพื่อนำไปสร้าง ATP ด้วยวิธี Chemiosmosis คือ เอาพลังงานนั้นปั๊ม H^+ เข้าไปใน Lumen แล้ว H^+ จำนวนมากใน lumen ก็จะแพร่กลับเข้ามาใน Stroma เป็นการนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในรูปพันธะพลังงานสูงของ ATP เรียกการสร้าง ATP แบบนี้ว่า Photophosphorylation - e^- ของศูนย์กลางปฏิกิริยาใน PS I ที่เด้งขึ้นมาจะถูกถ่ายทอดไปให้ Ferredoxin ก่อนเข้าไปจับกับ $NADP^+$ ดังสมการ $NADP^+ + H^+ + 2e^- \rightarrow$ NADPH ทำให้พลังงานแสงที่กระตุ้นระบบแสงทั้งสองถูกเก็บไว้ใน NADPH และ ATP เรียบร้อย นอกจากนี้ Calvin cycle เป็นการนำสารพลังงานสูง ATP และ NADPH มารีดิวซ์ CO_2 ให้กลายเป็นน้ำตาล และ Carboxylation เป็นการนำน้ำตาล C 5 อะตอมเรียก RuBP มาทำปฏิกิริยากับ CO_2 โดยมีเอนไซม์ Rubisco เป็นตัวเร่ง ได้สาร C 6 อะตอมที่ไม่เสถียรและแตกตัวเป็นกรด C 3 อะตอมเรียก PGA ที่เป็นสารเสถียรตัวแรกสุดของวัฏจักร		

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	- Reduction เอากรด PGA ที่ได้มารีดิวซ์ด้วย NADPH และทำปฏิกิริยากับ ATP ได้น้ำตาล C 3 อะตอมเรียก G3P หรือ PGAL ซึ่งบางตัวจะออกจาก Calvin cycle ไปรวมกับ PGAL ตัวอื่น กลายเป็นคาร์โบไฮเดรตขนาดใหญ่ขึ้น - Regeneration เป็นขั้นตอนที่น้ำตาล PGAL ที่เหลือจะกลับเข้าวัฏจักร โดยทำปฏิกิริยากับ ATP ได้น้ำตาล RuBP และเตรียมรวมกับ CO_2 ต่อไป - Calvin cycle ที่สมบูรณ์ 1 รอบ จะได้ PGAL (C 3 อะตอม) 1 โมเลกุล ใช้ 9 ATP และ 6 NADPH หากจะเกิดน้ำตาล C 6 อะตอมเช่นกลูโคส ต้องหมุนวัฏจักร 2 รอบ และสารต่างๆที่ใช้จะเป็นสองเท่า - จากสมการ $6CO_2 + 12\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2+6H_2O$ จะเห็นว่า O ในน้ำตาลมาจาก CO_2 แต่ O ใน O_2 แตกตัวมาจากน้ำ		
3. Photorespiration และกลไกการเพิ่ม CO_2 พืช C_3 และ C_4	- การหายใจแสง Pphotorespiration) ไม่ใช่ Cellular respiration ซึ่งเกิดจากความพิเศษของเอนไซม์ Rubisco ซึ่งนอกจากจะจับ RuBP มาทำปฏิกิริยากับ CO_2 ยังจับมาทำปฏิกิริยากับ O_2 ได้ด้วย ซึ่งโดยเฉพาะในช่วงอากาศร้อน O_2	10	5

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	จะแย่งตรึง RuBP เกิดเป็นสาร C 5 อะตอมแล้วเป็น C 3อะตอมของ PGA กับสาร C 2 อะตอมที่ใช้ไม่ได้ การกำจัดสารนี้ต้องใช้การหายใจแสง - Photorespiration จะเกิดเร็วขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมมี O_2 ในระดับสูง มี CO_2 ในระดับต่ำ มีความเข้มของแสงสูง และอุณหภูมิสูง เนื่องจากจะต้องใช้เอนไซม์ RuBP Carboxylase จะจับ O_2 ให้รวมกับ RuBP เพื่อให้ใช้พลังงานได้มากขึ้น ซึ่งหน้าที่ของ photorespiration คือ ควบคุมความปลอดภัยของเซลล์ ไม่ให้มีการสะสมพลังงานที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงมากเกินไป เป็นการสร้าง ATP นอกคลอโรพลาสต์ เพราะ ATP ที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงจะออกมานอกคลอโรพลาสต์ไม่ได้ และเป็นการเคลื่อนย้ายคาร์บอนที่ถูกจับจากคลอโรพลาสต์ ในรูปของ Glycolate แล้วนำไปสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ แต่ก็เป็นวิธีที่สิ้นเปลืองพลังงาน - พืช C_4 เป็นกลุ่มพืชที่ดำรงชีวิตอยู่ในเขตร้อน เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย จะตรึงคาร์ได้น้อยลง เพราะอากาศร้อนทำให้		

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	แก๊สละลายได้น้อย ต้องปิดปากใบลดการคายน้ำ และลดการเกิด Photorespiration - พืช C_4 จะตรึง CO_2 โดยมีเอนไซม์ PEP Carboxylase ได้กรด C 4 อะตอม OAA (Oxaloacetate) ซึ่งเป็นสารเสถียรตัวแรก และเป็นที่มาของชื่อ C_4 ก่อนจะเปลี่ยนเป็นกรด C 4 อะตอม เช่น กรดมาลิก ซึ่งจะปล่อย CO_2 เข้าสู่ Bundle sheath cell ส่วน CO_2 ที่ถูกปล่อยเข้ามาจะถูกตรึงอีกครั้งด้วย Calvin cycle ซึ่งพืช C_4 จะมีคลอโรพลาสต์ใน Bundle sheath โดยที่พืช C_3 ส่วนใหญ่จะไม่มี ทำให้ พืช C_4 สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้แม้จะมีความเข้มของแสงสูง - วัฏจักรคาร์บอนของ พืช C_4 ช่วยให้พืชสามารถนำ CO_2 ในบรรยากาศและในเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำเข้าสู่ Bundle sheath ทำให้ความเข้มข้นของ CO_2 ในเซลล์ Bundle sheath สูงมากขึ้น		
4. กลไกการเพิ่ม CO_2 ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผล	- พืช CAM (Crassulacean acid metabolism) เป็นพืชทนแล้งและอวบน้ำ จะปิดปากใบตอนกลางวัน และเปิดปากใบตอนกลางคืน เนื่องจากกลางวัน	10	5

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	อากาศร้อน จึงต้องปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ ตัวอย่างพืช CAM เช่น กระบองเพชร สับปะรด และกล้วยไม้ เป็นต้น เมื่อปากใบพืช CAM เปิด จะตรึง CO_2 เข้ากับ PEP ด้วย PEP carboxylase ได้ OAA ซึ่งเปลี่ยนเป็นกรดมาลิกแล้วเก็บไว้ใน vacuole จนถึงเวลากลางวัน - PEP carboxylase จะดีกว่า Rubisco เพราะจับ CO_2 อย่างเดียวและจับอย่างมีประสิทธิภาพ จึงไม่ทำให้พืช C_4 หรือพืช CAM เกิดการหายใจแสง และยังทำงานได้ดีแม้อากาศจะร้อนขึ้น จึงเป็นเอนไซม์ที่เหมาะกับพืชกลุ่มดังกล่าว ซึ่งในเวลากลางคืน กรดมาลิกบางส่วนในพืช CAM จะถูกนำกลับเข้าสู่คลอโรพลาสต์ โดยเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิกและ CO_2 กรดไพรูวิกที่ได้จะถูกใช้ในการหายใจของไมโทคอนเดรีย โดยเข้าสู่ Krebs cycle หรือเปลี่ยนเป็น PEP กลับคืนมา ส่วน CO_2 อาจทำปฏิกิริยากับ PEP ซึ่งเป็นการตรึง CO_2 ได้อีก หรือทำปฏิกิริยากับ RuBP เข้าสู่ Calvin cycle เพื่อสร้างน้ำตาลได้ - ในเวลากลางวัน กรดมาลิก ถูกลำเลียงจากแวคิวโอลเข้าสู่คลอโรพลาสต์ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นกรดไพรูวิกและ CO_2		

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	กรดไพรูวิกจะเปลี่ยนกลับไปเป็นสารจำพวกแป้ง ส่วน CO_2 จะรวมตัวกับ RuBP เข้าสู่ Calvin cycle เพื่อสร้างน้ำตาลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากในเวลากลางวันมีปฏิกิริยาที่ใช้แสงเกิดขึ้นมาก จึงมี $NADPH^+ + H^+$ และ ATP จำนวนมาก - ในการทดลองวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง มักวัดจากการตรึง CO_2 โดยมีปัจจัยที่ส่งผล ได้แก่ ความยาวคลื่นแสง ความเข้มของแสง ปริมาณ CO_2 ปริมาณ O_2 ปริมาณน้ำในดิน อุณหภูมิ อายุใบ และธาตุอาหาร - จุดอิ่มแสง (Light saturation point) คือจุดที่เพิ่มความเข้มแสงแล้วอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงไม่เพิ่มขึ้น พืช C_3 จะมีจุดอิ่มแสงต่ำกว่าพืช C_4 แต่ถ้าความเข้มแสงมาก ๆ จะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงในพืชทั้งสองชนิด เกิดจากอนุมูลอิสระที่ทำให้ใบไหม้ ส่วนพืชในที่ร่มสามารถใช้แสงเพียงน้อยนิดก็สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เต็มที่ จึงมีจุดอิ่มแสงต่ำกว่าพืชในที่แจ้ง และอุณหภูมิยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ ถ้าสูงหรือต่ำไปเอนไซม์จะทำงานได้ไม่ดี		
5. การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง	- เซลล์พืชมี Epidermis ทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง ถ้าอยู่ในที่แสงมากจะมีขนหรือ Cuticle ช่วยลดแสง ลด Chlorophyll ลง	10	5

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	มีใบหนาขึ้น ชั้น Palisade mesophyll เพิ่มจำนวนและหนาขึ้น ถ้าพืชต้นไหนอยู่ในที่ที่แข่งกันแย่งแสง จะจัดเรียงลำต้น ใบ ให้ได้รับแสงมากที่สุด - หน้าที่ทั้งหมดของ epidermis คือ ทำหน้าที่รวมแสงให้ส่องถึงคลอโรพลาสต์ และบางบริเวณจะเปลี่ยนรูปเป็นปากใบเพื่อรักษาสมดุลของน้ำในลำต้น - รอยต่อระหว่างอากาศและน้ำที่เคลือบผนังเซลล์จะช่วยสะท้อนแสงไปได้หลายทิศทาง และเพิ่มโอกาสในการที่แสงจะถูกดูดซับจากรงควัตถุในเซลล์มากขึ้น และในบางสภาพแวดล้อมที่มีแสงมาก เช่น ทะเลทราย เขตศูนย์สูตร ความเข้มของแสงอาจมากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืชได้ ใบพืชจึงมีการปรับตัวโดยเพิ่มโครงสร้างพิเศษ เช่น ขนและชั้น Cuticle ที่เคลือบผิวใบ เพื่อช่วยในการสะท้อนแสง และลดการดูดซับแสงของใบ การปรับตัวเช่นนี้จะลดปัญหาใบมีอุณหภูมิสูงและปัญหาอื่น ๆ ที่เกิดจากการดูดซับแสงมากเกินไป - ใบพืชสามารถควบคุมการรับแสงได้ เช่น การเคลื่อนที่ของคลอโรพลาสต์ในเซลล์ และการเคลื่อนไหวของใบพืชบางชนิด เช่น ถั่วและฝ้าย		

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	มโนทัศน์ทางชีววิทยา	จำนวนข้อสอบที่สร้าง	จำนวนข้อสอบต้องการใช้จริง
	จะมีการปรับตำแหน่งของใบพืชตอนเที่ยงวัน เพื่อรับแสงตามความต้องการของพืช นอกจากนี้ยังมีพืชอีกหลายชนิดสามารถปรับตำแหน่งของแผ่นใบเพื่อลดการรับแสงอาทิตย์โดยตรง ทำให้การรับแสงและความร้อนลดลง - เมื่อมีความเข้มแสงสูง ใบพืชจะจัดเรียงตัวในแนวดิ่ง (แผ่นใบตั้งฉากกับพื้น) เพื่อลดปริมาณการรับแสง และเมื่อมีความเข้มของแสงต่ำ ใบพืชจะจัดเรียงตัวในแนวนอน (แผ่นใบขนานกับพื้น)		
รวม		60	30

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำนวน 60 ข้อ ซึ่งมีการสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ตามแนวคิดของปีเตอร์สันและทรัวกัสท์ โดยเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ ประกอบด้วยคำถาม 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นคำถาม 4 ตัวเลือก และตอนที่ 2 เป็นการถามเหตุผลที่นักเรียนใช้ประกอบการตอบคำถามในตอนที่ 1 ให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

2.4 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับมโนทัศน์ทางชีววิทยาของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่า

ความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับมโนทัศน์ทางชีววิทยาโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงตามมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่สามารถวัดได้ตรงตามมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ต้องการวัด

2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มี ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาไว้ ดังนี้

- แก้ไขการเขียนสูตรทางเคมีของสารให้ถูกต้อง
- ตรวจสอบและปรับแก้การสะกดคำผิด

2.7 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ผ่านการเรียน เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง มาแล้ว ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

2.8 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยามาตรวจ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

คะแนน	**ระดับของมโนทัศน์**	**ลักษณะของมโนทัศน์**
3	มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)	คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด
2	มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์

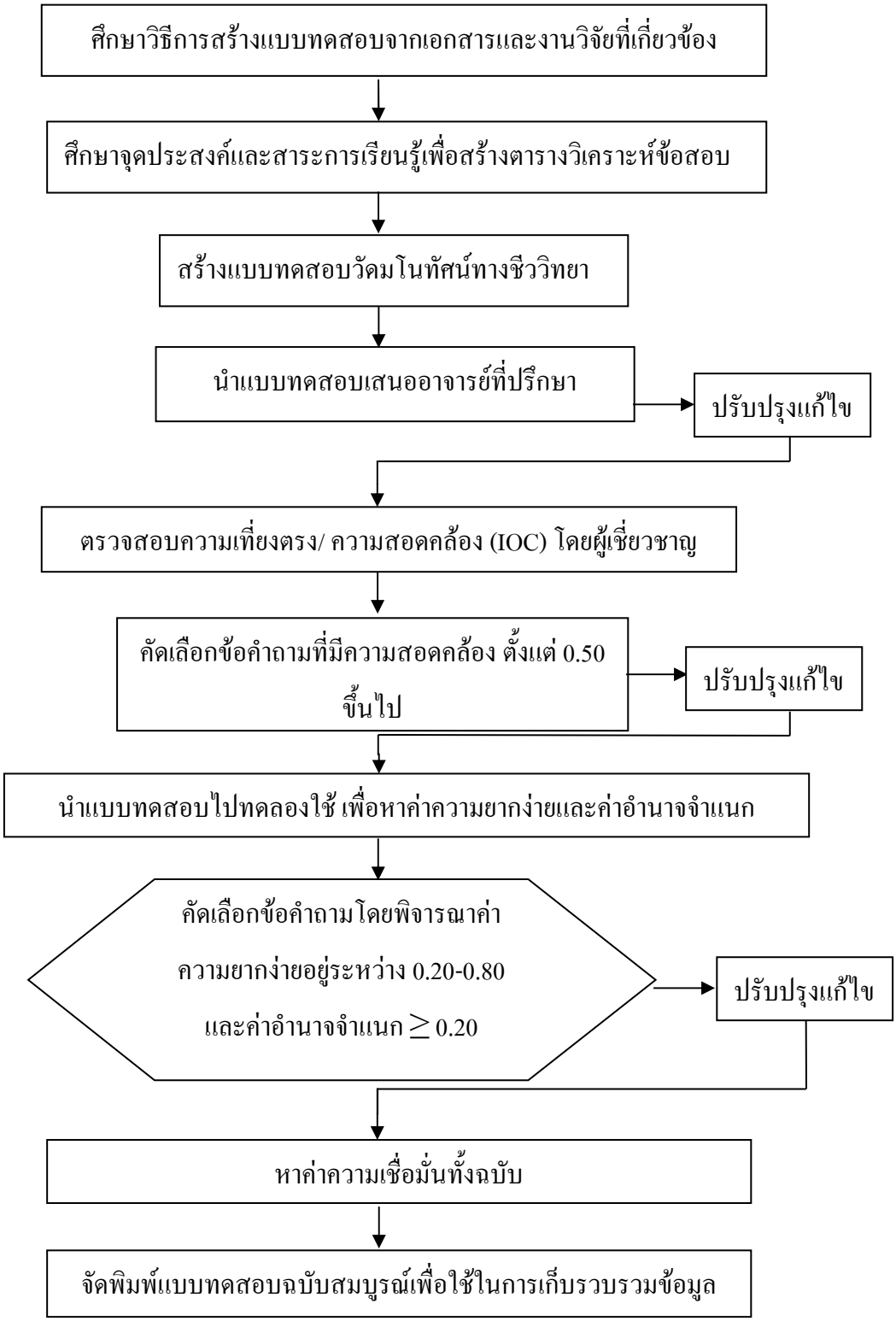
ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

คะแนน	ระดับของมโนทัศน์	ลักษณะของมโนทัศน์
1	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS)	คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุไม่ถูกต้อง หรือไม่มีการให้เหตุผล
0	ความเข้าใจผิด (Misconception: M)	คำตอบผิด

2.9 วิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 203) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (*P*) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (สมนึก ภัททิยธนี, 2553, หน้า 229) จากนั้นดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.21-0.57 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.80

2.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 218) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87

2.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ฉบับสมบูรณ์ จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป โดยขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาแสดงดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ผังขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

3. แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

3.3 สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นแบบอัตนัยจำนวน 8 ข้อ โดยแบ่งเป็นแบบวัดความสามารถด้านการอ่านและความสามารถด้านการเขียน อย่างละ 4 ข้อ และใช้จริงอย่างละ 2 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริค (Rubric scores) แล้วนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบรายละเอียดและประเมินความเหมาะสมโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

5 หมายความว่า มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายความว่า มีความเหมาะสมมาก

3 หมายความว่า มีความเหมาะสมปานกลาง

2 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อย

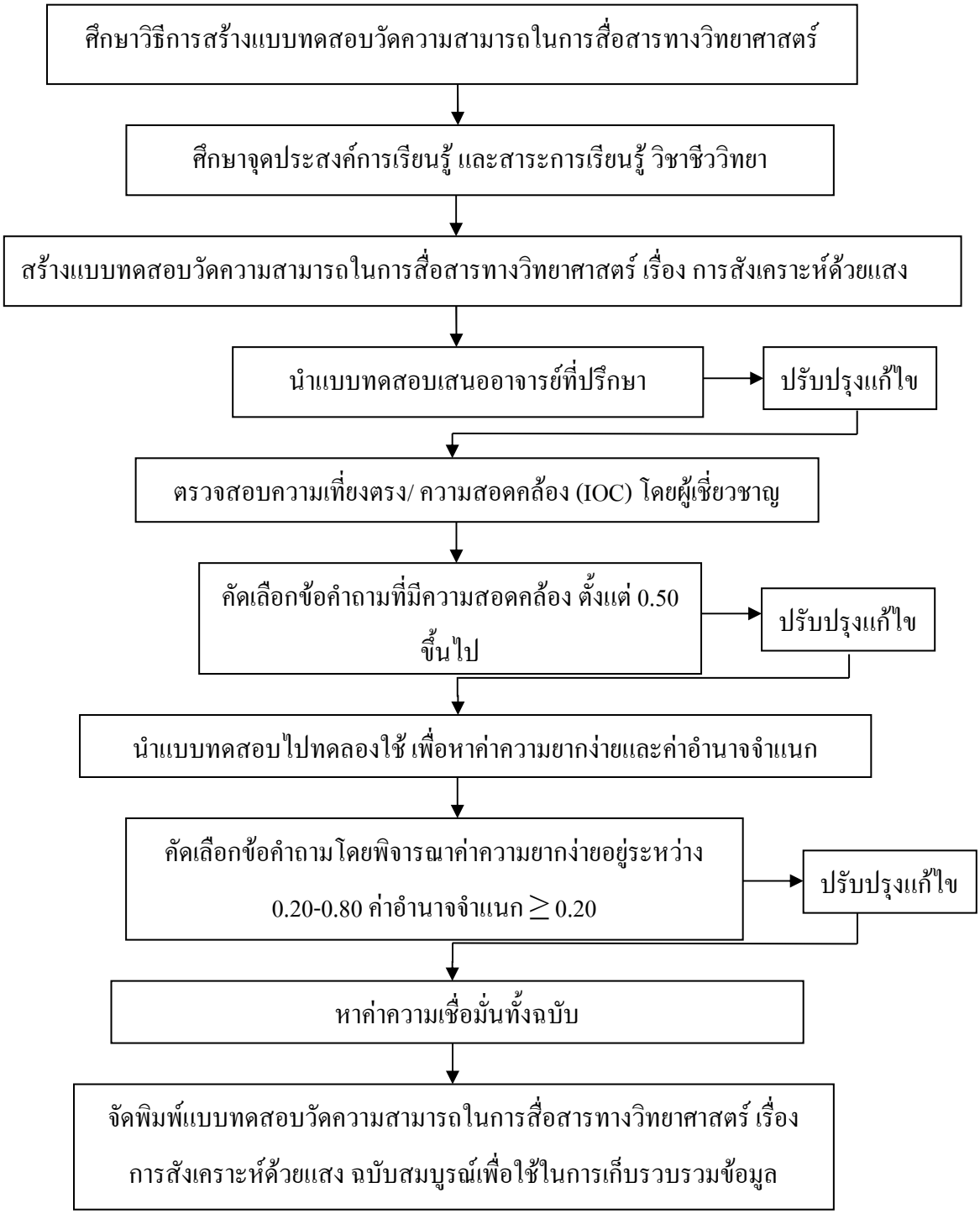
1 หมายความว่า มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.4 นำผลการตรวจสอบมาหาค่าความเหมาะสมของแบบทดสอบ ซึ่งจากการหาค่าเฉลี่ยของการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแบบทดสอบทุกข้อมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก จากนั้นดำเนินการปรับแก้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ตรวจสอบและปรับแก้การสะกดคำผิด

3.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ข้อที่ผ่านการคัดเลือกแล้วไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่เคยเรียนเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงมาแล้ว

3.6 นำคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 215-217) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 218)

3.7 ทำการคัดเลือกแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ ซึ่งแบ่งเป็นข้อสอบอัตนัยแบบอ่าน 2 ข้อ และแบบเขียน 2 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.57-0.71 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.53 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 โดยในการวิจัยครั้งนี้ต้องการได้แบบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง แสดงดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 ผังขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง

วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาและแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเอง ใช้เวลาสอน 12 ชั่วโมง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ (ฉบับเดิม)

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1) (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2546, หน้า 160)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (*t*-test for one sample) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2) (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2546, หน้า 148-150)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples) (ทดสอบสมมติฐานข้อ 3) (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2546, หน้า 160)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน ($\bar{x}$) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 306)

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 307) คือ

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ SD แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum$ □^{2} แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง

$(\sum$ □$)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum$ □ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาวิชา

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (p) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ คำนวณได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 292-295)

$$P = \frac{\square}{\square}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.3 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยใช้ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน (Brennan's Index: B-Index) คำนวณได้จากสูตร

$$B = \frac{f_p}{n_p} - \frac{f_F}{n_F}$$

เมื่อ B แทน ดัชนีอำนาจจำแนกของเบรนแนน

f_p, f_F แทน จำนวนคนที่ตอบถูกข้อนั้นอยู่ในกลุ่มผ่านเกณฑ์ (Pass) และกลุ่มไม่ผ่านเกณฑ์ (Fail) ตามลำดับ

n_p, n_F แทน จำนวนคนในกลุ่มผ่านเกณฑ์และไม่ผ่านเกณฑ์ตามลำดับ

2.4 หาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 252)

$$r_{xy} = \frac{N\sum xy - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left\{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2\right\}\left\{N\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right\}}}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

X แทน คะแนนรวม

Y แทน คะแนนรายข้อ

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยใช้สูตรของโลเวทท์ (Lovett's method) คำนวณได้จากสูตร (ไพศาล วรคำ, 2555, หน้า 286)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อสอบ

c แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด

x แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

2.6 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบัค (Cronbuch) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$\alpha = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right\}$$

เมื่อ α แทน ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples) เพื่อทดสอบสมมติฐาน (ข้อ 1 และ 3) (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \quad \text{และ} \quad \text{df} = \text{n-1}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (*t*-test for one sample) เพื่อทดสอบสมมติฐาน (ข้อ 2) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

$$t = \frac{\overline{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \text{ และ df} = \text{ n-1}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกลุ่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

S แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนกับหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง
$\bar{X}$	แทน	ค่าคะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	29	90	35.65	4.69	28	41.29*	.000
หลังเรียน	29	90	69.34	4.47			

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-1 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนเท่ากับ 35.65 และหลังเรียนเท่ากับ 69.34 เมื่อเปรียบเทียบพบว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. ผลการเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มทดลอง	***n***	**คะแนนเต็ม**	**เกณฑ์**	$\bar{X}$	***SD***	***df***	***t***	***p***
หลังเรียน	29	90	63	69.34	4.47	28	7.64*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนมีค่าเท่ากับ 69.34 และเกณฑ์ที่กำหนดมีค่าเท่ากับ 63 (ร้อยละ 70) เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า มโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	*n*	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
การอ่านก่อนเรียน	29	12	4.34	0.86	28	19.38*	.000
การอ่านหลังเรียน	29	12	10.48	0.77			
การเขียนก่อนเรียน	29	10	2.55	0.89	28	23.39*	.000
การเขียนหลังเรียน	29	10	8.96	0.62			
รวมก่อนเรียน	29	22	6.89	2.22	28	30.54*	.000
รวมหลังเรียน	29	22	19.44	1.45			

$p < .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนเท่ากับ 6.89 และหลังเรียนเท่ากับ 19.44 เมื่อเปรียบเทียบ พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการอ่านและการเขียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางชีววิทยา ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงก่อนเรียนและหลังเรียน และหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และเปรียบเทียบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม 1 ห้องเรียน จำนวน 29 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 5 แผน 2) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา จำนวน 30 ข้อ ซึ่งมีการสร้างแบบทดสอบมโนทัศน์ตามแนวคิดของปีเตอร์สันและทรัวกัสท์ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.21-0.57 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.80 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 และ 3) แบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.57-0.71 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.21-0.53 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) สถิติทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (*t*-test for dependent samples) และสถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มเดียว (*t*-test for one sample)

สรุปผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 *ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1*

2. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ *2*

3. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 *ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3*

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลการวิจัยและมีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ *1 ทั้งนี้ ปัจจัยอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้* (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ มีการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดแนวทางการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก ได้รับการกระตุ้นความสนใจจากคำถามและสถานการณ์ที่นำเข้าสู่บทเรียน มีการวางแผนการทดลองด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังได้ฝึกทักษะการค้นคว้า ฝึกการสร้างมโนทัศน์ของเนื้อหาในส่วนต่าง ๆ และยังได้ฝึกการทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม เกิดการระดมสมองและร่วมกันวางแผนเพื่อค้นคว้าคำตอบในกระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ และชี้แนะแนวทางที่เหมาะสมแก่นักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างใกล้ชิด จนนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และเก็บประสบการณ์ด้วยตนเองได้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ โดยครูเป็นผู้นำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถามหรือเหตุการณ์ที่น่าสนใจ ชักจูงให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือข้อคำถาม โดยนำข้อมูลที่เป็นตัวอย่างและไม่ใช่ตัวอย่างของมโนทัศน์ที่จะสอนมาใช้กระตุ้นให้ผู้เรียนมีแนวทางในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมขึ้น และมีความพร้อมสำหรับการลงมือทำกิจกรรม ดังที่ทิศนา แขมมณี (2556, หน้า 141) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือเสาะแสวงความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาคำตอบ และเกิดการแลกเปลี่ยนคำถามในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา เมื่อนักเรียนได้ประเด็นที่สนใจจะค้นหาคำตอบ จะมีการร่วมกันตั้งสมมติฐาน ออกแบบและวางแผนการทดลองที่จะนำไปสู่ผลลัพธ์ ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป เป็นช่วงที่นักเรียนสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเองตามกระบวนการค้นคว้าที่วางแผนไว้แล้ว โดยสามารถอธิบายผลลัพธ์หรือคำตอบที่ได้ และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับข้อเท็จจริงดังกล่าว ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ นักเรียนสามารถนำมโนทัศน์ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือนำมโนทัศน์ที่ได้ไปใช้อธิบายกับเรื่องอื่น ๆ ซึ่งเป็นการสร้างมโนทัศน์อย่างครอบคลุมและกว้างขวางขึ้น และขั้นที่ 5 ประเมิน เป็นการประเมินผลการเรียนรู้มโนทัศน์ที่นักเรียนได้ค้นพบ รวมทั้งการเรียนรู้กระบวนการสร้างมโนทัศน์ จากขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า นักเรียนจะมีการสังเกตและเกิดข้อสงสัยได้ด้วยตนเอง ซึ่งจะเป็นตัวกระตุ้นได้ดี ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้สร้างทักษะและความรู้อย่างเป็นลำดับ ส่งผลให้นักเรียนได้คิด วางแผน และลงมือค้นหาคำตอบได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมกับสร้างองค์ความรู้ให้เกิดขึ้นได้ด้วยตนเอง ในระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้ร่วมกันวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อออกแบบและกำหนดแนวทางในการสร้างมโนทัศน์ โดยแต่ละขั้นตอนในการค้นหาคำตอบ นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมและแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่ที่ค้นคว้าได้ร่วมกันในกลุ่ม ซึ่งครูจะสามารถแนะแนวทางการหาคำตอบและการทำงานร่วมกันของนักเรียนพร้อมกันได้ด้วย นอกจากนี้ องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวางแผน ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ในบทเรียนได้อย่างแท้จริง เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนประมวลความรู้ในแบบองค์รวม สอดคล้องกับแนวคิดที่ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 130) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เป็นการเน้นการเรียนรู้การคิดเชิงนามธรรม ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนถ่ายโอนความรู้ได้มาก มีความยั่งยืนกว่าการเรียนรู้รูปธรรม ช่วยให้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการในการสร้างความรู้ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นในการเรียนรู้ ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้แบบองค์รวม และมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล ความรู้ต่าง ๆ แทนที่จะเรียนรู้เพียงข้อเท็จจริงเท่านั้น นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้สอนได้พัฒนาทักษะในการสอนและผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่หลากหลายและซับซ้อนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธวัชชัย คงนุ่ม (2550) ที่ทำการศึกษาเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการพิจารณาคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (ตารางภาคผนวก ค-1) พบว่า มีนักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงจากการสอบก่อนเรียนและสามารถทำคะแนนได้สูงมากขึ้นอีกจากการสอบหลังเรียน และมีนักเรียนที่ทำคะแนนได้ต่ำจากการสอบก่อนเรียน แต่สามารถทำคะแนนได้สูงมากขึ้นเป็นพิเศษจากการสอบหลังเรียน ซึ่งถือเป็นกรณีที่โดดเด่นเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยติดตามสำรวจพฤติกรรมในการเรียนของนักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงนั้น พบว่า นักเรียนค่อนข้างให้ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ในลักษณะแบบใหม่ ซึ่งต่างจากแบบปกติที่อาจเน้นการบรรยายเป็นหลัก ทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาคำตอบ และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในขั้นตอนกระบวนการต่าง ๆ รวมถึงการสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองได้อย่างถูกต้อง จึงส่งผลให้นักเรียนทำคะแนนได้ดีในการสอบหลังเรียน

ในด้านของเนื้อหาที่นักเรียนมักเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) คิดเป็นค่าคะแนนเฉลี่ย 20.66 คะแนน (จากคะแนนเต็ม 90 คะแนน) พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในเรื่อง การหายใจแสง (Photorespiration) เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีมโนทัศน์ที่คล้ายคลึงกับเรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) ซึ่งในการทำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยานั้น นักเรียนอาจหยิบยกมโนทัศน์ของเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงมาใช้ในเรื่องการหายใจแสง โดยเนื้อหาที่ประกอบไปด้วยรายละเอียดที่คล้ายคลึงกันนี้ อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนและมีการสร้างมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในระดับหนึ่ง รวมถึงการจัดการเรียนรู้ที่ยังไม่ได้สอดแทรกกิจกรรมเพื่อฝึกฝนการสร้างมโนทัศน์ที่ตอบสนองต่อเนื้อหาต่าง ๆ ที่อาจก่อให้เกิดการใช้มโนทัศน์สลับกันได้

นอกจากนี้ มโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ *2 สอดคล้องกับงานวิจัยของปิตุพงษ์ ท่าค้อ (*2557) *ที่ได้ศึกษาการพัฒนามโนมติ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง ซึ่งใช้การสอนเพื่อให้เกิดมโนมติร่วมด้วย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิงมีระดับความเข้าใจมโนมติที่สูงขึ้นถึงร้อยละ* 84.47 *ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ* .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของพิจิตรา ศรีพัดยศ (2559, หน้า 187) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์

ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 *ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3* ทั้งนี้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ได้มุ่งเน้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการทำงานและเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยในการจัดการเรียนรู้ทุกคาบเรียน นักเรียนจะแบ่งกลุ่มกันเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ภายในกลุ่ม และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียน นอกจากนี้ ในการจัดการเรียนรู้ยังได้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกอ่านจับใจความเกี่ยวกับเนื้อหาในบทเรียน สรุปใจความของแต่ละย่อหน้าเป็นรูปแบบของประโยค ตอบคำถามเพื่อทดสอบความเข้าใจ ตั้งคำถามเพิ่มเติมจากเรื่องราวที่อ่าน และได้ฝึกเขียนอธิบายโดยการลำดับความคิด เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ในด้านการอ่านและการเขียน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สอดแทรกในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนเกิดการระดมสมอง เนื่องจากแต่ละกลุ่มได้มีโอกาสแสดงความคิดเห็น โดยครูจะคอยป้อนคำถามเพื่อให้นักเรียนเสนอความคิดเห็นได้เต็มที่ ดังที่ วีลเลอร์ (1999 อ้างถึงใน ฉันทนา โหมดมณี, 2543) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้แบบระดมสมองว่าเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการเรียนการสอนแบบร่วมมือ ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้เสนอผลงาน เสนอแนวความคิดร่วมกันทั้งห้อง มีการแบ่งปันความคิดเห็นและเอกสารต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีโอกาสที่จะพัฒนาทักษะในการสื่อสาร ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉราภรณ์ สุริยงค์ (2548) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง โดยใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์รายด้าน พบว่า ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้านการอ่านและการเขียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากนักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการอ่านและการเขียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้ ซึ่งใน

กิจกรรมส่งเสริมการอ่าน นักเรียนได้ฝึกอ่านบทความวิทยาศาสตร์จากวารสารชีววิทยา เพื่อจับใจความสำคัญของบทความ ตอบคำถาม และสรุปบทความเป็นประโยคสั้น ๆ และในส่วนของกิจกรรมส่งเสริมการเขียน นักเรียนได้ฝึกเขียนบรรยายหรืออธิบายเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ที่ได้สืบค้นจากแหล่งข้อมูลสำคัญ เช่น หนังสือต่าง ๆ ในห้องสมุด และอินเตอร์เน็ต จึงนับว่าเป็นการฝึกทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ซึ่งใช้เวลาไม่เกิน 10-15 นาทีในแต่ละครั้ง โดยมีการให้นักเรียนทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม ตามแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการกลุ่ม (Group process-based instruction) ซึ่งทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 143-144) ได้กล่าวว่า กระบวนการกลุ่ม เป็นกระบวนการทำงานร่วมกันของบุคคลตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ร่วมกัน และมีการดำเนินงานร่วมกัน โดยผู้นำกลุ่มและสมาชิกกลุ่มต่างก็ทำหน้าที่ของตนอย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนมีการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองทั้งในด้านเนื้อหาสาระที่เรียน และกระบวนการที่ทำงานร่วมกัน เมื่อผู้เรียนสามารถวิเคราะห์เนื้อหาได้ ปัจจัยดังกล่าวจะนำไปสู่การพัฒนาด้านการสื่อสารทั้ง 4 ด้าน คือ การอ่าน การฟัง การพูด และการเขียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะทางสังคม และขยายขอบเขตของการเรียนรู้ให้กว้างขวางขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนกร อรรจนาวัฒน์ (2558) ที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้เป็นกลุ่ม มีคะแนนความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการเขียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการพิจารณาคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ (ตารางภาคผนวก ค-2) พบว่า มีนักเรียนที่ทำคะแนนได้สูงในการสอบก่อนเรียน เมื่อเทียบกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และสามารถทำคะแนนได้สูงมากขึ้นอีกในการสอบหลังเรียน และมีนักเรียนที่ทำคะแนนได้ค่อนข้างต่ำ แต่สามารถทำคะแนนได้สูงมากในการสอบหลังเรียน ซึ่งถือเป็นกรณีที่โดดเด่นจากกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว ซึ่งผู้วิจัยพบจากการสำรวจพฤติกรรมการเรียนว่า นักเรียนเหล่านี้ นอกจากจะมีพื้นฐานในการอ่านและเขียนที่ดีแล้ว ยังให้ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้วย ส่งผลให้นักเรียนสามารถทำคะแนนการสอบหลังเรียนได้ดี

ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้รายงานการให้คะแนนของแต่ละกิจกรรมที่นักเรียนปฏิบัติ เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนได้ทราบถึงความก้าวหน้าและพัฒนาการของตนเอง มีความกระตือรือร้นใน

การเรียนรู้ และเห็นคุณค่าของมโนทัศน์และทักษะในการสื่อสารที่เกิดจากการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนสามารถนำผลการประเมินระยะสั้นไปใช้ปรับปรุงการทำกิจกรรมในครั้งต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูผู้สอนควรศึกษาบทบาทของตนเองทุกขั้นตอนอย่างละเอียดลึกซึ้ง รวมถึงการเตรียมการสอน ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ อุปกรณ์/ สื่อการสอน ใบความรู้ และแบบฝึกหัด เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ได้บรรลุเป้าประสงค์ที่วางไว้

1.2 ครูผู้สอนควรกระตุ้นให้นักเรียนมีการเตรียมความพร้อมในด้านความรู้พื้นฐาน ตระหนักถึงทักษะการเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ต้องเน้นใช้เป็นพิเศษสำหรับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ฝึกกระบวนการค้นคว้าและศึกษาด้วยตนเอง และฝึกทักษะด้านการอ่านและการเขียน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ และความสามารถในการสื่อสารอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ควรมีการจัดช่วงเวลาหรือคาบเรียนตามความเหมาะสมของลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้ เนื่องจากในบางขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์มีการสอดแทรกรูปแบบกิจกรรมเชื่อมโยงความรู้ เพื่อช่วยเสริมให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ในทิศทางที่ถูกต้องมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เมื่อบทเรียนที่ผู้สอนนำมาใช้มีเนื้อหาตั้งแต่สองเรื่องขึ้นไปที่อาจทำให้นักเรียนสร้างและใช้มโนทัศน์สลับกัน ควรเพิ่มเติมกิจกรรมที่ช่วยฝึกฝนการสร้างมโนทัศน์ให้ถูกต้องและนำไปใช้ในการทำแบบทดสอบได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เป็นแกนสำคัญ ซึ่งมีบางขั้นตอนจะที่เน้นฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลพิจารณา ไตร่ตรองอย่างรอบคอบเพื่อศึกษาข้อเท็จจริงที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยใช้ความรู้เดิมของตนและมโนทัศน์ที่สร้างขึ้น แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวการสอนนี้ น่าจะมีผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21

2.3 ควรมีการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทางชีววิทยาในเนื้อหาอื่น ที่มีธรรมชาติของเนื้อหาใกล้เคียงกับเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียน.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546 ก). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546 ข). *ผังมโนทัศน์และสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ.

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546 ค). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน วรรณสารศึกษา เล่ม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กอบแก้ว สิงหเนตรวัฒน์. (2555). *การศึกษาความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในแรงจูงใจกับการเปลี่ยนแปลงมโนมติ เรื่อง การรักษาดุลยภาพของเซลล์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบ Predict-Observe-Explain (POE).* คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *การสังเคราะห์รูปแบบการพัฒนาศักยภาพของเด็กไทยด้านทักษะการสื่อสาร.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.

กาญจนา เป็งวงศ์. (2546). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการปรับเปลี่ยนมโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง กลไกมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิดานันท์ มลิทอง. (2548). *เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อรุณการพิมพ์.

กิติมา สุรสนธิ. (2548). *ความรู้ทางการสื่อสาร: Introduction to communication* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2555). *ภาพอนาคตและคุณลักษณะของคนไทยที่พึงประสงค์.* กรุงเทพฯ: วี.ที.ซี. คอมมิวนิเคชัน.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย

จันทร์พร พรหมมาศ. *(*2541*). ผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จิระ ดีช่วย. (2554). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรักติวิซึมร่วมกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จีระวรรณ เกษสิงห์. (2554). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้.* คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เจริญสุข คงชาติ. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้บทเรียนการ์ตูน.* สารนิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ฉันทนา โหมดมณี. (2543). *การนำเสนอการออกแบบห้องเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนแบบร่วมมือ.* ดุษฎีนิพนธ์ครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉวีลักษณ์ บุณยะกาญจน. (2547). *นวัตกรรมการศึกษา ชุด จิตวิทยาการอ่าน.* กรุงเทพฯ: ธารอักษร.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชนัตว์ ชามทอง. (2550). *การจัดกิจกรรมสร้างเสริมความสามารถด้านการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชนาธิป พรกุล. (2544). คลี่พระราชบัญญัติฯ...จัดการเรียนการสอน การสร้างความรู้ด้วยตนเอง. *วารสารวิชาการ*, *8*(3), 15-18.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชาญชัย อาจินสมาจาร. (2545). *สุดยอดเทคนิคสู่ครูมืออาชีพ.* กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์.

เชษฐา แซ่เต็ง. (2551). *การคิดเชิงมโนทัศน์ในวิชาเคมีของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่เรียนโดยใช้เลิร์นนิงอ็อบเจ็กต์.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.* กรุงเทพฯ:โอเดียนสโตร์.

ฐาปนีย์ กาละกาญจน์. (2548). *การสื่อสารด้วยการพูด.* นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2556). *รูปแบบการเรียนการสอน: ทางเลือกที่หลากหลาย.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนกร อรรจนาวัฒน์. (2558). *การพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และการทำงานเป็นทีมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบแสวงหาความรู้เป็นกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธวัชชัย สุวรรณวงศ์. (2555). *ความสามารถในการสื่อสารและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องของไหล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เลิร์นนิง อ็อบเจ็กต์.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธิดา โมสิกรัตน์ และศรีสุดา จริยากุล. (2543). *เอกสารการสอนชุดวิชาภาษาไทย 1 ชุดที่ 1-8* (พิมพ์ครั้งที่ 9). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นาฏยา ต๊ะวงศ์. (2552). *การพัฒนาความรู้และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ประเภทการแสดงโชว์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนแม่ทะปริยัติศึกษา จังหวัดลำปาง.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะครุศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.

นาตยา ปิลันธนานนท์, มธุรส จงชัยกิจ และศิริรัตน์ นีละคุปต์. (2542). *การศึกษาตามมาตรฐาน: แนวคิดสู่การปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: แม็ค.

เนตรนภางค์ สัญศรีเมือง. (2545). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการเสริมทักษะการสื่อสารและการประเมินผลตามสภาพจริง.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บรรจง สิทธิ. (2537). *ผลของการใช้เทคนิคการสอนแบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนในวิชาชีววิทยา.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชามัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บันลือ พฤกษะวัน. (2533). *พัฒนาทักษะการเขียนเชิงสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ประภัสจิต เตชะ. (2558). *ผลการเรียนด้วยวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างมโนทัศน์ที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านสบค่อม อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการเรียนรู้, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปรัชญา อาภากุล และการุณันทน์ รัตนแสนวงษ์. (2541). *ศิลปะการใช้ภาษา: การพูด การเขียน.* กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีการศึกษา, ฝ่ายเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ปานจิตต์ โกญจนาวรรณ และชนิกานต์ มาฆะศิรานนท์. (2542). *คนฉลาดอ่าน.* กรุงเทพฯ: เอ็กซเปอร์เน็ต.

ปิตุพงษ์ ท่าค้อ. (2557). *การพัฒนามโนมติเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับยุทธศาสตร์สแคฟโฟลดิง.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิจิตรา ศรีพัดยศ. (2559). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18*(2), 187.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดและเทคนิคการสอน 1.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเมนท์.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. (2542, 15 กรกฎาคม). *ราชกิจจานุเบกษา.* หน้า 42-48.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิจัยการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพฑูรย์ ศรีสุขงาม. (2545). *สัมมนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยสารคาม.

ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

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

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง).* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภาณินี เทพหนู. (2546). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยกิจกรรมพัฒนาการคิดนอกกรอบ.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มนตรี เชื้อพันธุ์งาม. (2544). *การวิเคราะห์มโนมติที่คลาดเคลื่อนในวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2527). *เอกสารประกอบการสอนวิชาการสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1-7.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มังกร ทองสุขดี. (2535). *การสอนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มันทนา เมฆิยานนท์. (2559, 22 มิถุนายน). สัมภาษณ์.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2546). *สถิติเพื่อการวิจัย.* กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริม.

ยุทธนา คำดี. (2545). *ผลของมโนมตินำเรื่องที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง แสงอาทิตย์และพลังงาน.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวนุช ทินนะลักษณ์ และจุมพล เหมะคีรินทร์. (2552). *การรายงานข่าวด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

รุจาภา ประถมวงษ์. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนแบบวัฏจักการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E).* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, คระศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวิริยาสาส์น.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวิริยาสาส์น.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และพิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปเมเนจเมนท์.

วันเพ็ญ บูรณสุข, สุธี พรรณหาญ และศักดิ์ สุวรรณฉาย. (2556). การพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 7*(3), 134.

วิรัช ลภิรัตนกุล. (2546). *การประชาสัมพันธ์* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิเทพ ปีติพรเทพิน, สุรเดช ศรีทา, กฤษณา โภคพันธ์, และกฤษณา ชินสิญจน์. (2555). การส่งเสริมความเข้าใจ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *2*(1), 115-130.

ศิลา สงอาจินต์. (2551). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ศุภร ศรีแสน. (2522). *ปรัชญาและแนวคิดทางการศึกษา.* มหาสารคาม: ภาควิชาการศึกษาผู้ใหญ่ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2558). *ผลสอบ O-NET*. เข้าถึงได้จาก http://www.niets.or.th/

สถาบันราชภัฏเขตภูมิศาสตร์ภาคใต้. (2543). *เอกสารประกอบการสอนวิชา 1500101 ภาษาไทยเพื่อการสื่อสารและการสืบค้น*. สงขลา: สถาบันราชภัฏสงขลา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2532). *เอกสารวิธีสอนเรื่องการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ก). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546 ข). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ศรีเมืองการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ*. เข้าถึงได้จาก http://primarymath.ipst.ac.th/images/ebook/communication/cap05/p03.html

สนิท ตั้งทวี. (2529). *การใช้ภาษาเชิงปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี และอัมพลิกา ประโมจนีย์. (2550). *มองคุณภาพการศึกษาตะวันออกจากการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ: รายงานการประเมินผลการเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สุภัทรา อักษรนุเคราะห์. (2532). *การสอนทักษะทางภาษาและวัฒนธรรม*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรพันธ์ ตันศรีวงษ์. (2538). *วิธีการสอน*. กรุงเทพฯ: สกายบุ๊กส์.

สุรีรัตน์ สินกัน. (2554). *ผลของการพัฒนามโนทัศน์โดยการใช้กระบวนการสืบเสาะในเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุวัฒก์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.* กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์เซ็นเตอร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2553). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์ เล่ม 2.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

แสงเดือน เจริญฉิม. (2552). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนที่สร้างเสริมมโนทัศน์และการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา.* กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบูรณ์ รัตนบุญศรีทอง. (2553). *ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ TOSI ที่มีต่อมโนทัศน์เรื่องพันธะเคมีและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมเจตน์ อุระศิลป์. (2553). *การสำรวจและปรับแก้มโนมติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง พันธะเคมี ตามโมเดลการเรียนรู้ T5 แบบกระดาษ.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2548). *หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย วรรณสารศึกษา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 10*(3), 25-30.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559).* กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

สำนักทดสอบทางการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *รายงานผลการประเมินคุณภาพการศึกษานักเรียน ปีการศึกษา 2540.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

อรทัย วิมลโนช, ประภาศรี สีหอำไพ และอัจจิมา เกิดผล. (2533). *ภาษาไทย 2.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรพินท์ ตันเมืองใจ. (2556). *ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้สมองเป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัจฉราภรณ์ สุริยงค์. (2548). *ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบระดมสมอง.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิวรรณ แก้วภูสี. (2556). *ความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกลุ่ม.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2550). *หลักการสอน.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เอื้อมพร หลินเจริญ, สิริศักดิ์ อาจวิชัย และภิรภา จันทร์อินทร์. (2552). *ปัจจัยเชิงสาเหตุที่ทำให้คะแนนการสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่ำ.* กรุงเทพฯ: สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).

Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concept. *Journal of Research in Science Teaching 31*(2), 147-165.

Barman, R. (1989). Teaching teachers: The learning cycle. *Journal of Science and Children*. *7*(26), 30-32.

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness.* Colorado Springs, CO: BSCS.

Campbell, D., & Stanley, J. (1966). *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Boston: Houghton Mifflin.

Carin, A. A., & Sund, R. E. (1975). *Teaching modern science.* Columbus, Ohio: Merril.

Chang, H. P., Chen, C. C., Guo, G. J., Chien, I. C., & Su, C. H. (2009). The development of a competence scale for learning science: Inquiry and communication. *International Journal of Science and Mathematics Education, 9*(5), 1213-1233.

Collins, W. O. (1990). The impact of computer-assisted instruction upon student achievement in Magnet School. *Dissertation Abstracts International, 50*, 2783-A.

Guilford, J. P. (1952). *General psychology.* New Jersey: Nortran.

Klopfer, L. E. (1971). *Handbook on formative and summative evaluation of student learning.* New York: McGraw-Hill.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice. 4*(41), 212-213.

Martin, D. J. (1997). *Elementary science method: A constructivist approach*. United State of America: Delmar.

Malmsfors, B., & Garnsworthy, P. (2002). *Writing and presenting scientific papers.* Nottingham: The Cromwell Press, Trowbridge.

Mason, R. T. (1997). Learning Algebra Personally (Ninth-Grade, Small Group Inquiry). *Dissertation Abstracts International,* 58-09A.

Moore, K. D. (1989). *Classroom teaching skills.* New York: McGraw-Hill.

Mottet, T. P, Garza R., Beebe, S. A., Houser, M. L., Jurrells, S., & Furler L. (2008). Instructional Communication Predictors of Ninth-Grade Students' Affective Learning in Math and Science. *Communication Education, 57,* 333-355.

Renner, J., & Marek, E. (1990). The exploration phase has the students interact with materials and each other. *Journal of Research in Science Teaching*, 25.

Sing, T. (2007). *การสื่อสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศ.* เข้าถึงได้จาก http://www.jobpub.com/articles/showarticle.asp?id=1437

Thurber, W. A. (1976). *Teaching science in today's secondary schools.* Boston: Allyn and Bacon.

Tyler, R. (2002). Learning for understanding in science: Constructivist/conceptual change teaching approaches. *Australian Science Teachers Journal, 48,* 30-35.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผศ.ดร.ปริญญา ทองสอน	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
ผศ.ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา
อาจารย์มันทนา เมฆิยานนท์	อาจารย์โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา
อาจารย์พนา ทนะแสง	อาจารย์โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย อุทัยธานี ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนชีววิทยา
อาจารย์สุวะรินทร์ บุญส่ง	อาจารย์โรงเรียนเทศบาล 2 พิจิตร ผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัยและประเมินผลการศึกษา

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/ว.95

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข
อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

13 มกราคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือในการทำวิจัย จำนวน 1 ชุด

*ด้วย นายปฐมรัฐ คูหา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "*ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในคณะนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) *เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์*
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ *0-3839-3486, 0-3810-2069*
โทรสาร *0-3839-3485*
ผู้วิจัย *090-4524229*

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/676

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข
อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

13 มีนาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

*ด้วย นายปฐมรัฐ คูหา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "*ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*" โดยอยู่ ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระว่างวันที่ 16-17 มีนาคม พ.ศ. 2560 อนึ่ง โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว*

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 090-4524229

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/677

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ. ลงหาดบางแสน ต. แสนสุข
อ. เมือง จ. ชลบุรี 20131

13 มีนาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

*ด้วย นายปฐมรัฐ คูหา นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "*ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง ที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ ขออำนวย*ความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสาธิต "พิบูลบำเพ็ญ" มหาวิทยาลัยบูรพา โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 21-24 มีนาคม พ.ศ. 2560 อนึ่ง โครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว*

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 090-4524229

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
- ตารางแสดงค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินแบบทดสอบ
- ตารางแสดงการปรับแก้เครื่องมือวิจัยตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางภาคผนวก ข-1 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	ด้านสาระสำคัญ			
	1.1 ความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.40	0.55	มาก
2.	ด้านจุดประสงค์			
	2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ชัดเจน	4.20	1.30	มาก
	2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.40	0.89	มาก
3.	ด้านสาระการเรียนรู้			
	3.1 ใจความถูกต้อง	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4.00	1.22	มาก
	3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
4.	ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
	4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.20	0.45	มาก
	4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	3.20	0.89	ปานกลาง
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.20	0.45	มาก
5.	ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
	5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.00	0.71	มาก
	5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	3.40	0.55	ปานกลาง
	5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	3.60	0.55	มาก
6.	ด้านการวัดและประเมินผล			
	6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4.40	0.89	มาก
	6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.00	1.22	มาก
	เฉลี่ย	4.12	0.75	มาก

จากตารางภาคผนวก ข-1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.12, *SD* = 0.75)

ตารางภาคผนวก ข-2 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	ด้านสาระสำคัญ			
	1.1 ความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
2.	ด้านจุดประสงค์			
	2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ชัดเจน	4.00	1.22	มาก
	2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.20	0.84	มาก
3.	ด้านสาระการเรียนรู้			
	3.1 ใจความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4.20	0.45	มาก
	3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.20	0.45	มาก
4.	ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
	4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.20	0.45	มาก
	4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4.40	0.55	มาก
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.40	0.55	มาก
5.	ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
	5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.20	0.45	มาก
	5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4.00	0.71	มาก
	5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4.00	0.00	มาก
6.	ด้านการวัดและประเมินผล			
	6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4.20	0.84	มาก
	6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.00	1.22	มาก
	เฉลี่ย	4.23	0.62	มาก

จากตารางภาคผนวก ข-2 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.23, *SD* = 0.62)

ตารางภาคผนวก ข-3 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	ด้านสาระสำคัญ			
	1.1 ความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.40	0.55	มาก
2.	ด้านจุดประสงค์			
	2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ชัดเจน	4.20	1.30	มาก
	2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.00	0.71	มาก
3.	ด้านสาระการเรียนรู้			
	3.1 ใจความถูกต้อง	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4.40	0.89	มาก
	3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
4.	ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
	4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.20	0.45	มาก
	4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4.20	0.84	มาก
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.20	0.84	มาก
5.	ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
	5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.20	0.45	มาก
	5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	3.80	0.84	มาก
	5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4.20	0.45	มาก
6.	ด้านการวัดและประเมินผล			
	6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4.20	0.84	มาก
	6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.00	1.22	มาก
	เฉลี่ย	4.24	0.73	มาก

จากตารางภาคผนวก ข-3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.24, *SD* = 0.73)

ตารางภาคผนวก ข-4 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	ด้านสาระสำคัญ			
	1.1 ความถูกต้อง	4.60	0.55	มากที่สุด
	1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.60	0.55	มากที่สุด
2.	ด้านจุดประสงค์			
	2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ชัดเจน	4.00	1.22	มาก
	2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.00	0.17	มาก
3.	ด้านสาระการเรียนรู้			
	3.1 ใจความถูกต้อง	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4.60	0.55	มากที่สุด
	3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.60	0.55	มากที่สุด
4.	ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
	4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.20	0.45	มาก
	4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4.40	0.55	มาก
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.20	0.45	มาก
5.	ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
	5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.20	0.45	มาก
	5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	3.80	0.45	มาก
	5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4.00	0.00	มาก
6.	ด้านการวัดและประเมินผล			
	6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	3.80	1.30	มาก
	6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3.60	1.52	มาก
	เฉลี่ย	4.21	0.66	มาก

จากตารางภาคผนวก ข-4 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.21, *SD* = 0.66)

ตารางภาคผนวก ข-5 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	ด้านสาระสำคัญ			
	1.1 ความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	1.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.40	0.55	มาก
2.	ด้านจุดประสงค์			
	2.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดได้ชัดเจน	3.60	1.52	มาก
	2.2 ข้อความชัดเจนเข้าใจง่าย	3.60	1.14	มาก
3.	ด้านสาระการเรียนรู้			
	3.1 ใจความถูกต้อง	4.40	0.55	มาก
	3.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา	4.20	0.84	มาก
	3.3 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4.40	0.55	มาก
4.	ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้			
	4.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.20	0.45	มาก
	4.2 เหมาะสมกับเวลาที่สอน	4.20	0.45	มาก
	4.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	4.20	0.45	มาก
5.	ด้านสื่อและแหล่งการเรียนรู้			
	5.1 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4.40	0.55	มาก
	5.2 เร้าความสนใจของผู้เรียน	4.00	0.71	มาก
	5.3 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน	4.20	0.45	มาก
6.	ด้านการวัดและประเมินผล			
	6.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	3.80	1.30	มาก
	6.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	3.40	1.34	ปานกลาง
	เฉลี่ย	4.09	0.76	มาก

จากตารางภาคผนวก ข-5 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 พบว่ามีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.09, *SD* = 0.76)

ตารางภาคผนวก ข-6 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนที่	$\bar{x}$	***SD***	**ระดับ**
1	4.12	0.75	เหมาะสมมาก
2	4.23	0.62	เหมาะสมมาก
3	4.24	0.73	เหมาะสมมาก
4	4.21	0.66	เหมาะสมมาก
5	4.09	0.76	เหมาะสมมาก
เฉลี่ย	4.18	0.70	เหมาะสมมาก

จากตารางภาคผนวก ข- 6 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับเหมาะสมมาก ($\bar{x}$ = 4.18, *SD* = 0.70)

ตารางภาคผนวก ข-7 ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
3	+1	+1	0	+1	+1	0.8	ใช้ได้
4	+1	+1	0	+1	+1	0.8	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
6	+1	0	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
8	+1	0	0	+1	+1	0.6	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
21	+1	0	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
22	+1	0	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ข-7 (ต่อ)

ข้อที่	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
25	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
41	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
45	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

ตารางภาคผนวก ข-7 (ต่อ)

ข้อที่	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์					IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
48	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
49	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
50	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
53	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
54	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
56	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
59	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

จากตารางแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า มีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.6-1

ตารางภาคผนวก ข-8 ค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1.	วัดการอ่าน			
	1.1 ความเหมาะสมของบทความ	4.20	0.84	มาก
	1.2 ข้อคำถาม	4.20	0.84	มาก
	1.3 เกณฑ์การประเมิน	4.00	1.00	มาก
2.	วัดการอ่าน			
	2.1 ความเหมาะสมของบทความ	4.40	0.89	มาก
	2.2 ข้อคำถาม	4.40	0.89	มาก
	2.3 เกณฑ์การประเมิน	4.00	1.00	มาก
3.	วัดการเขียน			
	3.1 ความเหมาะสมของข้อคำถาม	4.20	0.84	มาก
	3.2 เกณฑ์การประเมิน	4.00	1.00	มาก
4.	วัดการเขียน			
	4.1 ความเหมาะสมของข้อคำถาม	3.80	0.45	มาก
	4.2 เกณฑ์การประเมิน	3.60	0.55	มาก
5.	วัดการอ่าน			
	5.1 ความเหมาะสมของบทความ	4.40	0.89	มาก
	5.2 ข้อคำถาม	4.40	0.89	มาก
	5.3 เกณฑ์การประเมิน	4.20	1.10	มาก
6.	วัดการเขียน			
	6.1 ความเหมาะสมของข้อคำถาม	4.00	0.71	มาก
	6.2 เกณฑ์การประเมิน	4.00	1.00	มาก
7.	วัดการอ่าน			
	7.1 ความเหมาะสมของบทความ	4.40	0.89	มาก
	7.2 ข้อคำถาม	4.40	0.89	มาก
	7.3เกณฑ์การประเมิน	4.20	1.10	มาก

ตารางภาคผนวก ข-8 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
8.	วัดการเขียน			
	8.1 ความเหมาะสมของข้อคำถาม	4.20	0.84	มาก
	8.2 เกณฑ์การประเมิน	4.00	1.00	มาก

จากตารางแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ตารางภาคผนวก ข-9 เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา

คะแนน	ระดับของมโนทัศน์	ลักษณะของมโนทัศน์
3	มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (Complete Understanding: CU)	คำตอบถูก และให้เหตุผลครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด
2	มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (Partial Understanding: PU)	คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนที่สำคัญของแต่ละมโนทัศน์
1	มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Alternative Conception: PS)	คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุไม่ถูกต้องหรือไม่มีการให้เหตุผล
0	ความเข้าใจผิด (Misconception: M)	คำตอบผิด

ตารางภาคผนวก ข-10 เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการอ่าน

คะแนน	**ลักษณะการตอบ**
2	ตอบถูกต้องทุกประเด็น
1	ตอบถูกต้องบางประเด็น
0	ตอบไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ

ตารางภาคผนวก ข-11 เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ด้านการเขียน

ข้อ	**คะแนน**	**ลักษณะการตอบ**
3. (การใช้คำสำคัญที่กำหนดให้)	5	ใช้คำสำคัญอธิบายได้ถูกต้อง 5-6 คำ
	4	ใช้คำสำคัญอธิบายได้ถูกต้อง 4 คำ
	3	ใช้คำสำคัญอธิบายได้ถูกต้อง 3 คำ
	2	ใช้คำสำคัญอธิบายได้ถูกต้อง 2 คำ
	1	ใช้คำสำคัญอธิบายได้ถูกต้อง 1 คำ
	0	ใช้คำสำคัญมาอธิบายผิดทั้งหมดหรือไม่เขียนตอบ
4. (ความสำคัญของการปรับตัวเข้าหาแสงของพืช)	5	ระบุความสำคัญได้ถูกต้อง 5 ข้อ
	4	ระบุความสำคัญได้ถูกต้อง 4 ข้อ
	3	ระบุความสำคัญได้ถูกต้อง 3 ข้อ
	2	ระบุความสำคัญได้ถูกต้อง 2 ข้อ
	1	ระบุความสำคัญได้ถูกต้อง 1 ข้อ
	0	ระบุความสำคัญไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนตอบ

ตารางภาคผนวก ข-12 การปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	สิ่งที่ปรับแก้
แยกหัวข้อของจิตพิสัยและลักษณะอันพึงประสงค์ออกจากกัน	คุณลักษณะอันพึงประสงค์	จิตพิสัย
แยกหัวข้อ ใฝ่เรียนรู้ เป็นข้อที่ 4	3. ตระหนักถึงความสำคัญในการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์และมีความใฝ่รู้	3. ตระหนักถึงความสำคัญในการค้นคว้าทดลองทางวิทยาศาสตร์ 4. มีความใฝ่รู้
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ให้นักเรียนเป็นผู้สรุปเอง	ครูและนักเรียนสรุปความรู้ในเรื่องที่ได้ศึกษา	นักเรียนสรุปความรู้ในเรื่องที่ได้ศึกษา
ขั้นขยายความรู้ในเรื่อง Photorespiration ควรมีกิจกรรมที่หลากหลายเพิ่มขึ้น	นักเรียนร่วมกันกำหนดมโนทัศน์และอภิปรายถึงกลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช C_3 และ C_4 แล้วตอบร่วมกันคำถามว่าสิ่งที่ได้เรียนรู้ในบทเรียนนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่นๆหรือในชีวิตประจำวันได้อย่างไรบ้าง	นักเรียนแบ่งกลุ่ม 5 กลุ่ม เพื่อร่วมกิจกรรมแข่งขันตอบปัญหาเพื่อขยายขอบเขตและความสัมพันธ์ของเนื้อหาเรื่อง Photosynthesis ในคาบเรียนที่แล้วและ Photorespiration ในคาบเรียนนี้ โดยแต่ละกลุ่มเตรียมกระดาษเปล่า 1 แผ่น เพื่อใช้เขียนคำตอบเมื่อฟังคำถามครบถ้วน กลุ่มที่เขียนคำตอบเสร็จสมบูรณ์แล้วเท่านั้นจึงมีสิทธิ์ยกมือเพื่อขอตอบปากเปล่า เมื่อนักเรียนตอบถูกจึงจะได้จับฉลากเพื่อรับคะแนน (มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคะแนนในฉลากที่นักเรียนจับได้) กลุ่มที่มีคะแนนมากที่สุดจะถือเป็น

ตารางภาคผนวก ข-12 (ต่อ)

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	สิ่งที่ปรับแก้
		ผู้ชนะ (คะแนนในฉลากเป็นคะแนนเพื่อใช้เป็นแรงจูงใจในการแข่งขัน เมื่อแข่งขันเสร็จสิ้น นักเรียนทุกกลุ่มจะได้รับคะแนนดิบเท่ากัน)
เขียนสูตรทางเคมีของสารให้ถูกต้อง	H+ และ OH-	H^+ และ OH^-
ตั้งจุดประสงค์ในการวัดและประเมินให้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้	นักเรียนสรุปความรู้ในเบื้องต้นที่สำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างถูกต้อง	นักเรียนสามารถสรุปความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
เพิ่มชื่อเรื่องของ Power point ให้ตรงกับชื่อของแผน	สื่อ Power point	- สื่อ power point เรื่อง การค้นคว้าที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสง - สื่อ Power point เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง - สื่อ Power point เรื่อง Photorespiration - สื่อ Power point เรื่อง กลไกการเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ของพืช CAM และปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

ตารางภาคผนวก ข-13 การปรับแก้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	สิ่งที่ปรับแก้
		- สื่อ Power point เรื่อง การปรับตัวของพืชเพื่อรับแสง
ปรับการเขียนสูตร $(CH_2O)_n$	(CH_2O)	$(CH_2O)_n$
ปรับตัวพิมพ์ใหญ่	thylakoid membrane	Thylakoid membrane

ตารางภาคผนวก ข-14 การปรับแก้แบบทดสอบความสามารถในการการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	สิ่งที่ปรับแก้
ตรวจการสะกดคำผิด	Planst	Plants

ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงค่าคะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยา
- ตารางแสดงค่าคะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์
- ผลการคำนวณหาค่า *t*-test

ตารางภาคผนวก ค-1 คะแนนมโนทัศน์ทางชีววิทยาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (คะแนนเต็ม 90 คะแนน)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	คนที่	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
1	*33*	*69*	21*	*41*	*80*
2	*42*	*64*	22	*37*	*68*
3	*39*	*78*	23*	*27*	*72*
4	*34*	*64*	24	*26*	*68*
5	*33*	*70*	25	*34*	*74*
6*	*41*	*75*	26	*43*	*75*
7	*38*	*69*	27	*33*	*66*
8	*32*	*65*	28	*37*	*71*
9	*40*	*76*	29	*29*	*64*
10	*38*	*70*			
11	*34*	*67*			
12	*46*	*72*			
13	*31*	*66*			
14	*29*	*63*			
15	*34*	*68*			
16	*33*	*65*			
17	*38*	*69*			
18	*35*	*71*			
19*	*28*	*65*			
20	*39*	*67*			

จากตารางค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 35.65 คะแนน และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 69.34 คะแนน

ตารางภาคผนวก ค-2 คะแนนความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบเน้นมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (คะแนนเต็ม 22 คะแนน)

คนที่	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**	**คนที่**	**คะแนนก่อนเรียน**	**คะแนนหลังเรียน**
1	*7*	*19*	21*	*3*	*22*
2	*3*	*18*	22	*8*	*20*
3	*9*	*20*	23	*5*	*18*
4	*6*	*19*	24	*7*	*18*
5	*8*	*21*	25	*6*	*19*
6*	*13*	*20*	26	*7*	*18*
7	*4*	*16*	27*	*7*	*22*
8	*7*	*21*	28	*6*	*21*
9	*9*	*21*	29	*6*	*18*
10	*3*	*18*			
11*	*6*	*21*			
12	*10*	*21*			
13	*6*	*19*			
14	*6*	*19*			
15	*8*	*19*			
16	*6*	*18*			
17	*10*	*20*			
18	*6*	*20*			
19	*7*	*18*			
20	*8*	*20*			

จากตารางค่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนมีค่าเท่ากับ 6.89 คะแนน และค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 19.44 คะแนน

ผลการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

		Mean	*N*	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*
Pair 1	*posttest*	*35.65*	*29*	*4.69*	*.87*
	pretest	*69.34*	*29*	*4.47*	*.83*

Paired Samples Correlations

		N	*Correlation*	*Sig.*
Pair 1	*posttest & pretest*	*29*	*.54*	*.002*

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*
Pair 1	*posttest - pretest*	*33.69*	*4.40*	*.81*

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	*Upper*	*t*	*df*	*Sig. (2-tailed)*
Pair 1	*posttest - pretest*	*35.36*	*32.01*	*41.29*	*28*	*.000*

ผลการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 (69.34 คะแนน จากคะแนนเต็ม 90 คะแนน) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

One-Sample Statistics

	N	*Mean*	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*
score	*29*	*69.34*	*4.47*	*.83*

One-Sample Test

	Test Value = 63					
					95% Confidence Interval of the Difference	
	t	*df*	*Sig. (2-tailed)*	*Mean Difference*	*Lower*	*Upper*
score	*7.63*	*28*	*.000*	*6.34*	*4.64*	*8.04*

ผลการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

		Mean	*N*	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*
Pair 1	*posttest*	*6.89*	*29*	*2.22*	*.41*
	pretest	*19.44*	*29*	*1.45*	*.27*

Paired Samples Correlations

		N	*Correlation*	*Sig.*
Pair 1	*posttest & pretest*	*29*	*.33*	*.076*

Paired Samples Test

		Paired Differences		
		Mean	*Std. Deviation*	*Std. Error Mean*
Pair 1	*posttest - pretest*	*12.55*	*2.21*	*.41*

Paired Samples Test

		Paired Differences				
		95% Confidence Interval of the Difference				
		Lower	*Upper*	*t*	*df*	*Sig. (2-tailed)*
Pair 1	*posttest - pretest*	*13.39*	*11.70*	*30.54*	*28*	*.000*

ภาคผนวก ง

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการวิจัย
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา
- ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 **ชื่อ-สกุล** นายปฐมรัฐ คูหา **กลุ่มสาระการเรียนรู้** วิทยาศาสตร์**รายวิชา** ชีววิทยาเพิ่มเติม **รหัสวิชา** ว32244 **เรื่อง** กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง **ระดับชั้น** มัธยมศึกษาปีที่ 5 **ภาคเรียน/ปีการศึกษา** 2/2559 **วัน/เดือน/ปี** 1/2/2560 **เวลา** 3 **ชั่วโมง จำนวนนักเรียน** 33-40 คน

.....

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

- อธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง -
- เขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบ เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

2. นักเรียนสามารถเขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอ่านจับใจความสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

ด้านจิตพิสัย (A)

3. ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

4. ใฝ่เรียนรู้

สาระสำคัญ/ ความคิดรวบยอด

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นกระบวนการที่พืชและสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนพลังงานแสงให้มาอยู่ในรูปของพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่สร้างขึ้น

สาระการเรียนรู้

การสังเคราะห์ด้วยแสงจะใช้พลังงานที่อยู่ในโมเลกุลสารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีวิตของพืชและสิ่งมีชีวิตทั้งหลายบนโลก กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงนี้อาจถือได้ว่าเป็นเพียงกระบวนการเดียวของพืชและสิ่งมีชีวิตที่สามารถดึงพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้เข้ามาหมุนเวียนในโลก พืชจะมีรงควัตถุ (Pigments) เพื่อใช้ในการดูดกลืนแสง เช่น Chlorophyll, Phycobilins, Carotenoids เป็นต้น การเปลี่ยนพลังงานแสงให้อยู่ในรูปของพลังงานเคมี จะมี 2 ขั้นตอน คือ ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง ซึ่งจะมีระบบแสง 2 ระบบ คือ ระบบแสง I และระบบแสง II กับปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์หรือที่รู้จักกันในชื่อของ Culvin cycle หรือวัฏจักรคัลวิน ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ Carboxylation, Reduction และ Regeneration

1. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือปฏิกิริยาใช้แสงและปฏิกิริยาไม่ใช้แสงหรือปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์

2. โครงสร้างของ Chloroplast เป็นรูปร่างกลมรี ยาว 5 ไมโครเมตร กว้าง 2 ไมโครเมตร หนา 1-2 ไมโครเมตร มีปริมาณมากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์และพืช ประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในเป็นของเหลว (Stroma) มีเอนไซม์ที่จำเป็นต่อกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ และ Thylakoid membrane มีส่วนที่พับซ้อนเป็นตั้ง คือ Granum และส่วนที่อยู่ระหว่างกลางคือ Stroma lamellae

3. สารสีในปฏิกิริยาแสง ได้แก่ Chlorophyll (ศูนย์กลางของปฏิกิริยาระบบแสง) Carotene, Xanthophyll, Phycoerythrin และ Phycocyanin ซึ่งทั้งหมดอยู่บนเยื่อไทลาคอยด์ ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาแสง

4. ปฏิกิริยาแสง เกิดบนเยื่อไทลาคอยด์ ที่มีระบบแสง I และ II และโปรตีนที่ทำหน้าที่รับและถ่ายทอดอิเล็กตรอน ซึ่งเกิดได้ 2 ลักษณะ คือ

- แบบไม่เป็นวัฏจักร = [H_2O > H + O] > ระบบแสง II (P680) > plastoquinone > cytochrome f >

plastocyanin [ADP + Pi > ATP] > ระบบแสง I (P700) > ferridoxin > [NADP > NADPH]

- แบบเป็นวัฏจักร = ระบบแสง I (P700) > ferridoxin > cytochrome b > cytochrome f > plastocyanin > ระบบแสง I (P700)

5. ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อสร้างสารคาร์โบไฮเดรต คือ Culvin's cycle ประกอบด้วยปฏิกิริยา 3 ขั้น คือ

5.1) Carboxylation = CO_2 + RuBP > PGA

5.2) Reduction = PGA > 1,3 bisphosphoglycerate > PGAL

5.3) Regeneration = PGAL + ATP > RuBP

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

[✓] ความสามารถในการสื่อสาร [✓] ความสามารถในการคิด [✓] ความสามารถในการแก้ปัญหา

[✓] ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต [✓] ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

[ ] รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ [✓] ซื่อสัตย์ สุจริต [✓] มีวินัย [✓] ใฝ่เรียนรู้

[ ] อยู่อย่างพอเพียง [✓] มุ่งมั่นในการทำงาน [ ] รักความเป็นไทย [ ] มีจิตสาธารณะ

กิจกรรมการเรียนรู้ (รูปแบบการสอน/วิธีสอน)

ขั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

1. ครูตั้งคำถามก่อนนำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนตอบคำถามเหล่านี้โดยอาศัยความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม หรือจากประสบการณ์ที่นักเรียนเคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน ดังนี้

1.) Chloroplast มีบทบาทสำคัญอย่างไรในการดำรงชีวิตของพืชและระบบนิเวศของโลก (Chloroplast เป็นออร์แกเนลล์ที่มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ด้วยแสง เพราะสร้างคาร์โบไฮเดรตที่มีพลังงานเคมีอยู่ภายใน พลังงานเคมีนี้สามารถถูกถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคลำดับที่ 1 ในระบบนิเวศ จำพวก Herbivores และนำไปใช้ในกิจกรรมต่าง ๆในการดำรงชีวิตได้ และยังถูกถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคลำดับถัดไป เกิดเป็น Food chain และ Food web ขึ้นในระบบนิเวศ)

2.) ใบไม้บางชนิดมีสีเขียว บางชนิดมีสีเหลืองหรือสีส้ม ใบไม้เหล่านี้มีสารสีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (Chlorophyll เป็นรงควัตถุที่ทำให้ใบไม้มีสีเขียว และเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียร สลายตัวได้ด้วยแสงอาทิตย์ แต่พืชก็สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ได้ ในแต่ละฤดูกาลพืชจะสร้าง Chlorophyll ในปริมาณที่แตกต่างกัน และในความเป็นจริงแล้ว Chlorophyll ไม่ได้เป็นรงควัตถุชนิดเดียวที่อยู่ในใบไม้ ยังมีรงควัตถุชนิดอื่นๆอยู่ด้วย)

2. ครูเริ่มเปิดอภิปรายโดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่ากระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช มีขั้นตอนและปฏิกิริยาที่สำคัญอย่างไรบ้าง และผลิตภัณฑ์สุดท้ายของกระบวนการคืออะไร

3. ครูให้นักเรียนนำคำตอบที่ได้จากขั้นสร้างความสนใจ มาใช้เขียนเป็นผังมโนทัศน์ (Concept mapping) ในเบื้องต้น และเก็บไว้เพื่อไปเขียนต่อยอดมโนทัศน์ให้สมบูรณ์มากขึ้นในขั้นขยายความรู้

ขั้นสำรวจและค้นหา (70 นาที)

ครูให้เนื้อหานักเรียนในเบื้องต้นจากข้อมูลที่เป็นตัวอย่างที่จะสอน โดยการสังเกตชุดภาพของต้นพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีใบที่มีสีต่างกัน คือ สีแดง สีเหลือง และสีเขียว เพื่อให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ถูกต้องก่อนลงมือค้นคว้าในขั้นต่อไป (มโนทัศน์ในเบื้องต้นคือ พืชใบสีเขียวคือพืชที่มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงที่สุด) และข้อมูลที่ไม่ใช่ตัวอย่าง คือ มโนทัศน์ของเนื้อหาในบทอื่น ๆ ที่ไม่ใช่เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษารายละเอียด และปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนในใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่ โดยครูเน้นให้นักเรียนใช้ทักษะทางด้านการสังเกต ตั้งสมมติฐาน และทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการศึกษาทดลองทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อเสริมสร้างทักษะการอ่านเชิงวิทยาศาสตร์จาก แบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง การประยุกต์ไดโอดเปล่งแสงกับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของบทความจากวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 25 ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์ 2560)

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (30 นาที)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน โดยครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบความถูกต้องและสรุปมโนทัศน์ของผลการปฏิบัติกิจกรรม

2. นำผลสรุปที่แต่ละกลุ่มทดลองได้เปรียบเทียบกับผลของกลุ่มอื่น ๆ

3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

4. นักเรียนร่วมแสดงความคิดเห็นและซักถามข้อสงสัยเกี่ยวกับความหมายและความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง มโนทัศน์ และการประยุกต์ใช้ในการศึกษาชีววิทยาในระดับสูงและด้านอื่น ๆ

ขั้นขยายความรู้ (45 นาที)

นักเรียนร่วมกันกำหนดมโนทัศน์และอภิปรายถึงการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช โดยมีครูร่วมวงอภิปราย และซักถามว่านักเรียนมีแนวทางในการนำผลลัพธ์จากการทดลองมาสร้าง

มโนทัศน์ด้วยตนเองได้อย่างไร และสามารถนำแนวทางดังกล่าวไปใช้กับเนื้อหาในบทต่อไปได้หรือไม่

นักเรียนนำคำตอบที่ได้จากข้อมูลของผลการทดลองมาเขียนต่อยอดในผังมโนทัศน์ที่ได้ทำไว้แล้วในขั้นสร้างความสนใจ เพื่อขยายขอบเขตของมโนทัศน์ และทำให้มโนทัศน์มีความชัดเจนและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขั้นประเมิน (20 นาที)

ประเมินผลการเรียนรู้มโนทัศน์และความสามารถในการอ่านจากแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ขั้นสุดท้าย และมีมโนทัศน์ที่สมบูรณ์

การวัดและประเมินผล (ด้านความรู้, ด้านกระบวนการ และด้านคุณลักษณะ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมาย ความสำคัญ และมโนทัศน์ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างถูกต้อง	การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านทักษะกระบวนการ 2. นักเรียนสามารถเขียนสรุปลำดับขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และอ่านจับใจความสำคัญเกี่ยวกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ถูกต้อง	การตรวจแบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง	คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70
ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1. ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง 2. ใฝ่เรียนรู้	การสังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชีววิทยา 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้แต่ง สสวท. กระทรวงศึกษาธิการ
- สื่อ power point เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- ห้องสมุดโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา

- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่
- ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
- แบบฝึกหัดที่ 2 และ 3 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

บันทึกหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ผลการเรียนรู้, ปัญหา/ อุปสรรค, แนวทางแก้ไข)

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

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

ความเห็นของอาจารย์พี่เลี้ยง

.....

.....

ลงชื่อ.....อาจารย์พี่เลี้ยง

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

ความเห็นของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

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

☐ อนุมัติให้ใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้ ☐ ไม่อนุมัติ เพราะ

.....

ความเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ.....ฝ่ายวิชาการ

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

แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนและพฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม

วันที่ประเมิน..... เรื่องที่สอน..... ชั้น.....

รายการประเมิน	**คะแนนกลุ่มที่**						
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
พฤติกรรมการเรียน 1. มีความตั้งใจ สนใจในขณะเรียนและทำกิจกรรม							
2. รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย							
3. ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม							
4. การรักษาความสะอาด							
5. ไม่คุยเล่นกันในขณะเรียน							
พฤติกรรมการทำงานของกลุ่ม 1. มีการแบ่งภาระหน้าที่ภายในกลุ่มอย่างรวดเร็ว และเป็นระเบียบเรียบร้อย							
2. มีการปรึกษาหารือกันก่อนทำงาน							
3. รับผิดชอบหน้าที่ และงานที่ได้รับมอบหมาย							
4. ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน							
5. มีการซักถาม และทบทวนเนื้อหาให้สมาชิกทุกคนมีความเข้าใจตรงกัน							
รวม (10)							

ข้อใดที่นักเรียนปฏิบัติ ได้คะแนน 1 คะแนน ไม่ปฏิบัติ ได้ 0 คะแนน

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกตกำหนด ดังนี้

9-10 คะแนน ดีมาก 6-8 คะแนน ดี

3-5 คะแนน พอใช้ 0-2 คะแนน ควรปรับปรุง

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ .....

ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับปัจจัยของ Chlorophyll ต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชได้

2. สรุปมโนทัศน์ด้านปัจจัยที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์แสงของพืชได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ใบชบาด่าง
2. สารละลายไอโอดีน
3. น้ำแป้ง
4. แอลกอฮอล์
5. น้ำ
6. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
7. บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3
8. หลอดทดลองขนาดใหญ่
9. หลอดทดลองขนาดเล็ก
10. หลอดหยดสาร
11. ปากคีบ
12. ถ้วยกระเบื้อง

ขั้นตอนการทดลอง

1. นักเรียนรับอุปกรณ์ อ่านขั้นตอนการทดลอง แล้วช่วยกันกำหนดปัญหา สมมติฐาน และกำหนดตัวแปรในการทดลอง

2. ทำการทดลองโดยนำใบชบาด่างไปตั้งทิ้งไว้ให้ถูกแสงประมาณ 3 ชั่วโมง

3. ใส่น้ำประมาณ 40 cm^3 ลงในบีกเกอร์ ต้มให้เดือด ใส่ใบชบาด่างลงไป ต้มต่อไปนาน 1 นาที

4. ใช้ปากคีบคีบใบชบาด่างที่ต้มแล้วใส่ในหลอดทดลองขนาดใหญ่ที่มีแอลกอฮอล์พอท่วมใบ แล้วนำไปต้มในน้ำเดือดประมาณ 1-2 นาที จนกระทั่งใบมีสีซีด สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

5. นำใบชบาด่างในข้อ 4 ไปล้างด้วยน้ำเย็น สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

6. นำใบชบาด่างที่ล้างแล้ววางในถ้วยกระเบื้อง แล้วหยดด้วยสารละลายไอโอดีนให้ทั่วทั้งใบ ทิ้งไว้ประมาณ ครึ่งนาที

7. นำใบชบาด่างไปล้างน้ำ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและบันทึกผล

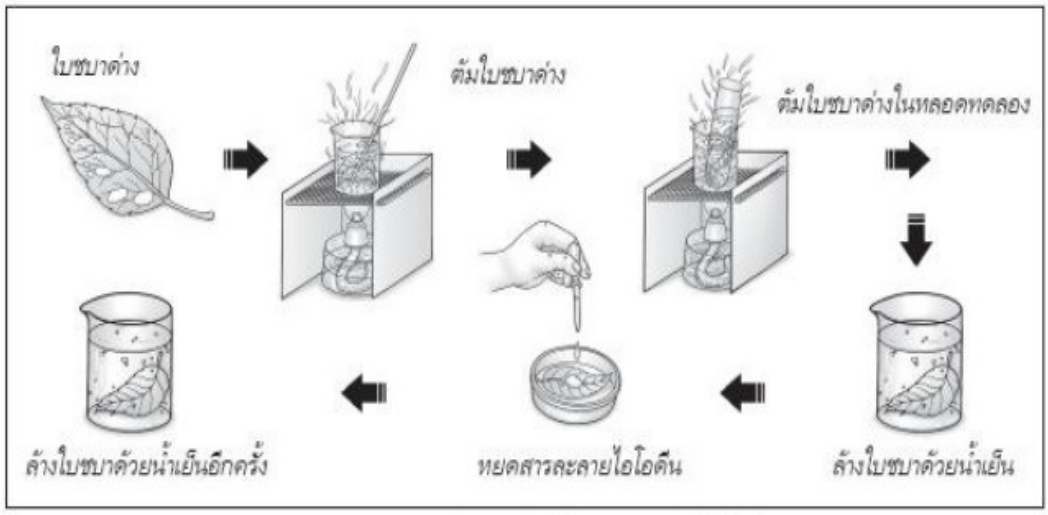
8. ใส่น้ำแป้งประมาณ 5 cm^3 ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก หยดสารละลายไอโอดีน 2-3 หยด ลงในหลอดทดลอง สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและบันทึกผล

หมายเหตุ

1. ใบชบาด่างที่ใช้ในการทดลองต้องเป็นใบที่เด็ดมาในวันทำการทดลอง

2. แอลกอฮอล์เป็นสารไวไฟ ดังนั้น ในการต้มใบชบาด่างในแอลกอฮอล์จึงต้องให้ความร้อนผ่านน้ำ

3. ในการใช้หลอดหยดดูดสารละลายไอโอดีน ควรระวังไม่ให้สารละลายไอโอดีนถูกผิวหนัง



แสดงการทดสอบใบชบาด่างด้วยสารละลายไอโอดีน

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่

ชื่อกลุ่ม.....

ชื่อสมาชิก 1. .....

2. .....

3. .....

4. .....

ปัญหาของการศึกษา

.....

.....

สมมติฐานของการศึกษา

.....

.....

.....

.....

ตัวแปรในการศึกษา

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

ตารางบันทึกผลการศึกษา

สิ่งที่นำมาทดสอบ	ผลการทดสอบกับสารละลายไอโอดีน
สีเขียวของใบชบาด่าง	
สีขาวของใบชบาด่าง	
น้ำแป้ง	

สรุปผลการศึกษา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามหลังการศึกษา

1. การทดลองครั้งนี้ถ้าไม่ใช้ใบชบาด่างเราจะใช้ใบอะไรแทนได้บ้าง

.....

2. จากการทดลอง เหตุใดจึงต้องต้มใบชบาด่างในแอลกอฮอล์

.....

.....

3. เหตุใดจึงไม่ควรใส่แอลกอฮอล์ในบีกเกอร์แล้วต้มใบชบาด่างในบีกเกอร์โดยตรง

.....

4. เมื่อหยดสารละลายไอโอดีนแล้ว ใบชบาด่างมีลักษณะแตกต่างจากใบชบาด่างก่อนการทดลองหรือไม่ ลักษณะใด

.....

.....

.....

5. นักเรียนคิดว่า ส่วนใดของใบชบาด่างที่สามารถสร้างอาหารได้

.....

6. มโนทัศน์ของผลของการทดลองนี้คืออะไร

.....

.....

.....

.....

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

<u>แนวคำตอบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สีของพืชเกี่ยวข้องกับการสร้างอาหารหรือไม่</u>

เกณฑ์การให้คะแนน

ใช้แบบประเมินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง

ปัญหาของการศึกษา

เมื่อทดสอบใบชบาด่างด้วยสารละลายไอโอดีนจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด

สมมติฐานของการศึกษา

ถ้า Chlorophyll เป็นปัจจัยในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ดังนั้น เมื่อทดสอบส่วนสีเขียวของใบชบาด่างด้วยสารละลายไอโอดีน สารละลายไอโอดีนจะเปลี่ยนสีจากสีน้ำตาลเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน

ตัวแปรในการศึกษา

ตัวแปรต้น ส่วนที่เป็นสีเขียวและสีขาวของใบชบาด่างและน้ำแป้ง

ตัวแปรตาม การเปลี่ยนสีของสารละลายไอโอดีน

ตัวแปรควบคุม –

ตารางบันทึกผลการศึกษา

สิ่งที่นำมาทดสอบ	ผลการทดสอบกับสารละลายไอโอดีน
สีเขียวของใบชบาด่าง	เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน
สีขาวของใบชบาด่าง	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
น้ำแป้ง	เปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน

สรุปผลการศึกษา

จากการทดลองจะพบว่า เมื่อทดสอบกับสารละลายไอโอดีน ใบชบาด่างส่วนที่มีสีเขียวจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงินเช่นเดียวกับน้ำแป้ง แสดงว่าส่วนสีเขียวของพืชมีแป้งซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดขึ้น สำหรับใบชบาด่างส่วนที่มีสีขาวตรวจไม่พบแป้ง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อหยดสารละลายไอโอดีนแล้วยังคงเป็นสีน้ำตาลเช่นเดิม ด้วยเหตุที่แป้งที่ทดสอบได้นี้เปลี่ยนมาจากน้ำตาลซึ่งเป็นอาหารที่ใบชบาด่างสร้างขึ้นมา ดังนั้น ส่วนที่เป็นสีเขียวหรือ Chlorophyll นั้น จึงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

คำถามหลังการศึกษา

1. การทดลองครั้งนี้ถ้าไม่ใช้ใบชบาด่างเราจะใช้ใบอะไรแทนได้บ้าง

- ใช้ใบเล็บครุฑ ใบพลูด่าง หรือใบไม้ชนิดอื่นๆที่มีสีเขียวปนขาวแทนได้

2. จากการทดลอง เหตุใดจึงต้องต้มใบชบาด่างในแอลกอฮอล์

- เพื่อสกัดสารสีเขียวหรือ Chlorophyll ออกจากใบชบาด่าง และทำให้สารละลายไอโอดีนทำปฏิกิริยากับแป้งในใบชบาด่างเห็นเป็นสีม่วงแกมน้ำเงินได้ชัดเจนมากขึ้น

3. เหตุใดจึงไม่ควรใส่แอลกอฮอล์ในบีกเกอร์แล้วต้มใบชบาด่างในบีกเกอร์โดยตรง

- เพราะแอลกอฮอล์ติดไฟง่าย จึงอาจก่อให้เกิดอันตรายในขณะทดลองได้

4. เมื่อหยดสารละลายไอโอดีนแล้ว ใบชบาด่างมีลักษณะแตกต่างจากใบชบาด่างก่อนการทดลองหรือไม่ ลักษณะใด

- แตกต่างกัน คือ บริเวณที่เป็นส่วนสีเขียวของใบชบาด่างจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแกมน้ำเงิน ส่วนบริเวณที่เป็นสีขาวของใบชบาด่างจะมีสีน้ำตาลเช่นเดียวกับสีของสารละลายไอโอดีน

5. นักเรียนคิดว่า ส่วนใดของใบชบาด่างที่สามารถสร้างอาหารได้

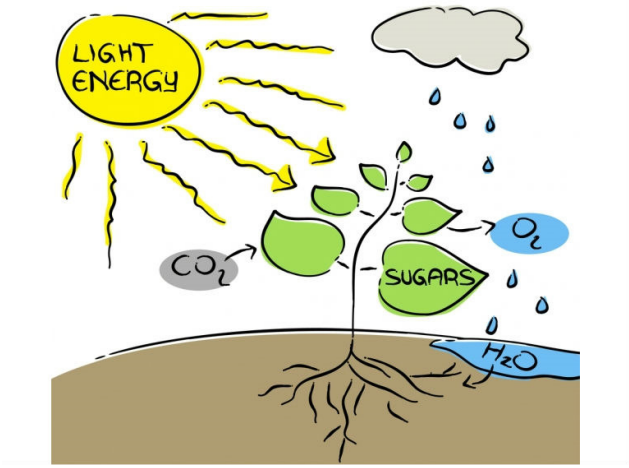
- ส่วนที่เป็นสีเขียว

6. มโนทัศน์ของผลของการทดลองนี้คืออะไร

- สีเขียวของพืชหรือ Chlorophyll นั้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ซึ่งเป็นการสร้างอาหารให้แก่พืชนั่นเอง

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

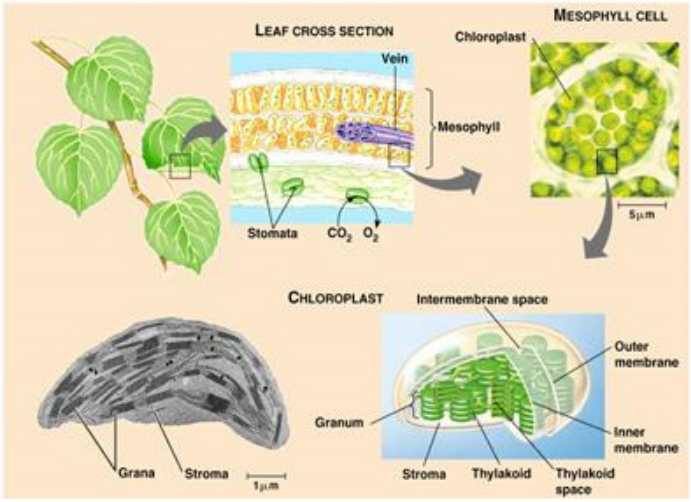


รูปที่ 1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

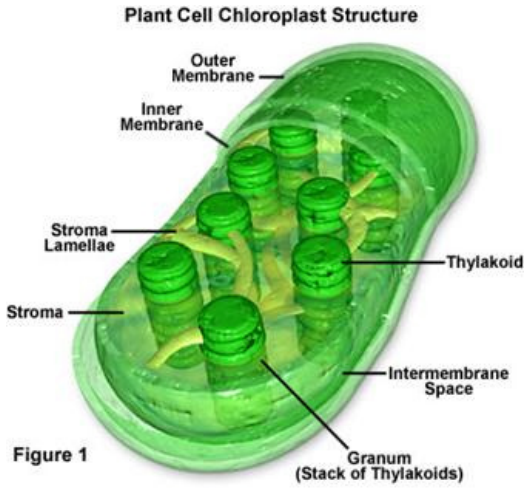
กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthesis) เป็นการสร้างอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตของพืชสีเขียวเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอของพืชอีกทั้งยังเป็นการผลิตอาหารสำหรับสิ่งมีชีวิตอื่นๆบนโลกในพืชสีเขียวนั้นมีคลอโรฟิลล์ที่ทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการสร้างอาหารนอกจากนั้นพืชยังจำเป็นต้องใช้น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นสารอนินทรีย์โมเลกุลเล็กมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงอีกด้วย

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

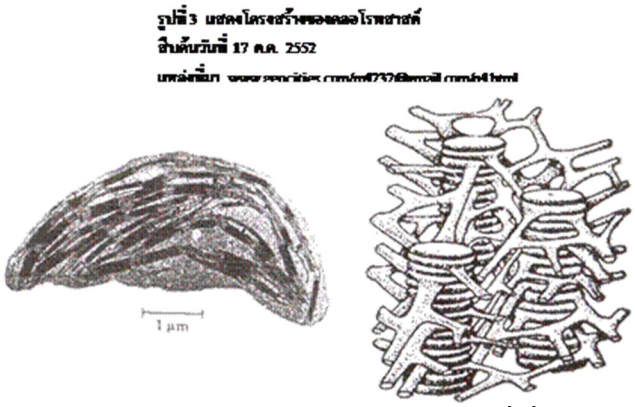
1. ปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง (Light reaction)



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของ Chloroplast ในพืช



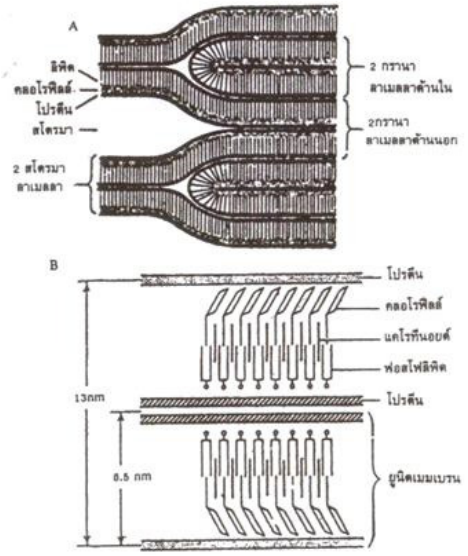
รูปที่ 3 แสดงองค์ประกอบของ Chloroplast ในพืช



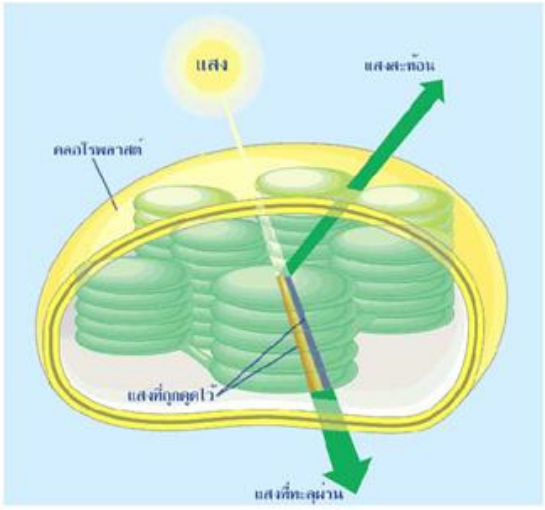
รูปที่ 4 แสดงการซ้อนของ Thylakoid เป็น Grana และส่วนที่เชื่อมต่อ Stroma lamella

ออร์แกเนลล์ที่สำคัญของพืช คือ คลอโรพลาสต์ เป็นแหล่งที่เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และเทคนิคต่างๆ ทำให้ทราบลักษณะของคลอโรพลาสต์ โดยคลอโรพลาสต์ส่วนใหญ่จะมีรูปร่างกลมรี มีขนาดยาวประมาณ 5 ไมโครเมตร กว้าง 2 ไมโครเมตร และหนาประมาณ 1 – 2 ไมโครเมตร จำนวนแต่ละเซลล์มีไม่แน่นอน มีตั้งแต่สิบขึ้นไ ปจนถึงร้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และชนิดของเซลล์พืช คลอโรพลาสต์มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น เรียกว่า ยูนิกเมมเบรน ภายในเป็นของเหลวเรียกว่า สโตรมา (Stroma) เยื่อหุ้มชั้นในของคลอโรพลาสต์จะแผ่เข้าไปข้างในกลายเป็นโครงสร้างย่อย ๆ ที่เป็นเยื่อบาง ๆ เรียกว่า ลาเมลลา (Lamella) ลาเมลลาส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นกลมแบนบาง ๆ และเรียงซ้อนกันเป็นตั้ง เรียกว่า กราน่า (Grana) ส่วนนี้จะหนากว่าส่วนอื่น ๆ แต่ละชั้นของกรานา เรียกว่า ไทลาคอยด์ (Thylakoid) ในคลอโรพลาสต์เต็มไปด้วยกรานาที่กระจัดกระจายอยู่ทั่วไป คลอโรพลาสต์ที่

เจริญเต็มที่แล้วประกอบด้วยกรานา 40 - 60 กรานา ต่อ 1 คลอโรพลาสต์ ส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างกรานา เรียกว่าอินเตอร์กรานา (Intergrana) หรือ สโตรมาลาเมลลา (Stroma lamella) หรือสโตรมาไทลาคอยด์ (Stroma thylakoid) ลาเมลลาประกอบด้วยเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ภายในบรรจุด้วยคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ทางผิวด้านหน้าของไทลาคอยด์จะมีรงควัตถุอยู่เป็นกลุ่มๆ อยู่ ทำให้มองดูมีลักษณะเป็นเม็ด ๆ เรียกว่า แกรนูล (Granule) แกรนูลมีทั้งขนาดเล็ก และใหญ่ สำหรับแกรนูลที่มีขนาดใหญ่ภายในมีกลุ่มของรงควัตถุระบบแสงที่ I (Photosystem I) หรือP 700 รับพลังงานแสงในช่วงคลื่น 700 นาโนเมตรได้ดี และรงควัตถุระบบแสงที่ II (Photosystem II) หรือ P680 รับพลังงานแสงในช่วงคลื่น 680 นาโนเมตรได้ดี และระบบแสงทั้ง 2 ระบบนี้จะเรียกรวมกันว่า ควอนตาโซม (Quantasome) ส่วนแกรนูลที่มีขนาดเล็กเข้าใจว่าเป็นที่อยู่ของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง ส่วนในสโตรมาจะมีเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่ 2 คือ ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง



รูปที่ 5 (A) แสดงตำแหน่งของสารโปรตีน Chlorophyll และกรดไขมันใน Grana
(B) แสดงการเรียงกันของชั้นโปรตีน Chlorophyll, Carotenoid และ Phospholipid



รูปที่ 6 แสดงการดูดแสงของ Chloroplast

ปัจจัยที่เกี่ยวของกับปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง

1. สารสี (Pigment) แบ่งเป็น 2 ระบบ คือ

1.) สารสีระบบที่ 1 (Pigment system I) ทำหน้าที่รับพลังงานแสง ซึ่งประกอบด้วยสารชนิดสำคัญ คือ คลอโรฟิลล์ เอ ชนิดรับแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตรได้ดี พบในพืช และสาหร่ายทุกกลุ่ม สารสีระบบที่ 1 และตัวรับถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่าง ๆ จะประกอบกันเป็นระบบแสง
ที่ 1 (Photosystem I)

2.) สารสีระบบที่ 2 (Pigment system II) ทำหน้าที่รับพลังงานแสง ซึ่งประกอบด้วยสารสีดังนี้

- คลอโรฟิลล์ บี พบเฉพาะในพืช และสาหร่ายสีเขียว
- คลอโรฟิลล์ ซี พบเฉพาะในสาหร่ายสีน้ำตาล และสีน้ำตาลแกมเหลือง
- คลอโรฟิลล์ ดี พบเฉพาะในสาหร่ายสีแดง
- แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) พบในพืช และสาหร่ายทุกกลุ่ม
- ไฟโคบิลิน (Phycobilin)พบในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและสีแดง

สารสีระบบที่ 2 และตัวรับถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่าง ๆ จะประกอบกันเป็นระบบแสงที่ 2 (Photosystem II)

2. พลังงานแสง ทำหน้าที่ ดังนี้

1.) กระตุ้นให้อิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น

2.) แยกสารละลายน้ำในปฏิกิริยาที่เรียกว่า โฟโตไลซิส (Photolysis) ทำให้เกิดโปรตอน (H^+) อิเล็กตรอน (e^-) และ O_2

3.) ใช้สร้างสารอินทรีย์พลังงานสูง 2 ชนิด คือ ATP , NADPH + H^+

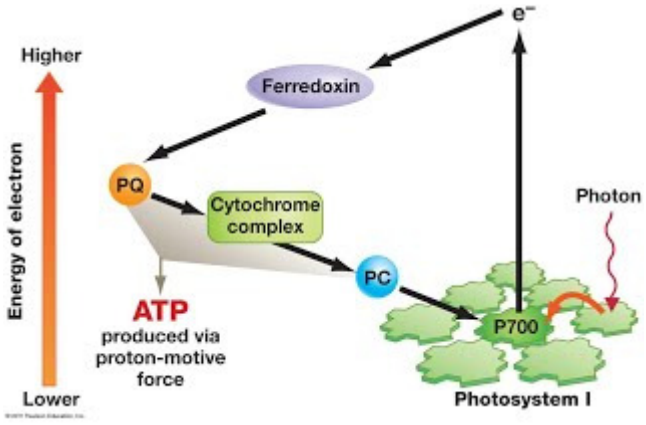
3. น้ำ (H_2O) น้ำจะถูกพืชนำไปสลายให้เป็นโปรตอน และอิเล็กตรอนเพื่อนำไปใช้สร้างน้ำตาลในปฏิกิริยาไม่ใช้แสง และมีผลทำให้เกิด O_2 เป็นผลพลอยได้ปล่อยออกทางปากใบของพืช

4. ADP และ Pi ทำหน้าที่รับพลังงานที่ถ่ายทอดออกมาจากอิเล็กตรอนเกิดเป็น ATP

5. $NADP^+$ เป็นสารทำหน้าที่รับโปรตอน และอิเล็กตรอนจากน้ำกลายเป็นสารอินทรีย์พลังงานสูง คือ NADPH + H^+

สำหรับปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงจะมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมี แล้วเก็บไว้ในสารประกอบ ATP และ $NADPH_2$ เมื่อแสงส่องถูกคลอโรฟิลล์ พลังงานแสงบางส่วนจะถูกคลอโรฟิลล์ดูดซับเอาไว้ ทำให้อิเล็กตรอนภายในโมเลกุลของคลอโรฟิลล์มีพลังงานสูงขึ้น เรียกว่า Excited electron และถ้ามีพลังงานแสงมากพอจะทำให้อิเล็กตรอนนี้หลุดออกจากคลอโรฟิลล์ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาอาจมีจำนวนมาก และจะถูกสารบางอย่างมารับแล้วถ่ายทอดอิเล็กตรอนนี้ไปเป็นทอดๆ พลังงานภายในอิเล็กตรอนจะลดลงเรื่อยๆ พลังงานที่ปล่อยออกมาจะถูกนำไปสร้างเป็น ATP หรือ NADPH + H^+ การถ่ายทอดอิเล็กตรอนของคลอโรฟิลล์มี 2 ระบบ คือ

1. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร (Cyclic electron transfer)

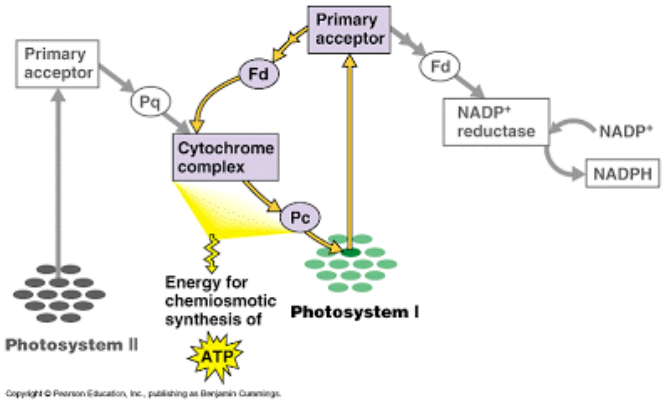


รูปที่ 7 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบเป็นวัฏจักร

เป็นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงเพียงระบบเดียวเท่านั้น ซึ่งเรียกว่ารงควัตถุระบบที่ 1 (Pigment system I หรือ PS I) อิเล็กตรอนที่หลุดออกจากรงควัตถุระบบที่1 จะถูก

ส่งไปยังสารตัวกลาง X ซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าเป็นสารใด แต่เข้าใจว่าน่าจะเป็นเฟร์ริดอกซิน รีดิวซิงซับสแตนซ์
(Ferredoxin – reducing substance) แล้วสาร X จะถ่ายทอดอิเล็กตรอนต่อไปยังเฟร์ริดอซิน (Ferredoxin)
ไซโทรโครม บี (Cytochrome b) ไซโทรโครม เอฟ (Cytochrome f) และ พลาสโทไซยานิน (Plastocyanin) ตามลำดับ จากนั้นอิเล็กตรอนนี้จะมีพลังงานปลดปล่อยออกมา และสามารถนำไปสร้าง ATP ได้ 2 ATP ต่ออิเล็กตรอน 1 คู่

1. การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักร (Non - cyclic electron transfer)



รูปที่ 8 การถ่ายทอดอิเล็กตรอนแบบไม่เป็นวัฏจักรของรงควัตถุระบบแสงที่ I และ II

การถ่ายทอดอิเล็กตรอนวิธีนี้ต้องใช้ระบบแสง 2 ระบบ คือ ระบบแสงที่ 1 (PS I) และระบบแสงที่ 2 (PS II) การถ่ายทอดอิเล็กตรอนวิธีนี้ต้องมีการสลายตัวของโมเลกุลน้ำ จึงเรียกได้อีกอย่างว่า กระบวนการโฟโตไลซิส (Photolysis) ซึ่งค้นพบโดยโรบิน ฮิลล์ (Robin Hill) ดังนั้นจึงอาจเรียกชื่อตามชื่อของผู้ค้นพบว่า ปฏิกิริยาฮิลล์ (Hill's reaction) ปฏิกิริยานี้นอกจากมีการแตกตัวของโมเลกุลน้ำแล้วยังมีการสร้าง ATP และ NADPH + H^+ ด้วย ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเป็นขั้นๆ ดังนี้

1. รงควัตถุระบบแสงที่ 1 (PS I) และรงควัตถุระบบแสงที่ 2 (PS II) ได้รับการกระตุ้นจากแสงพร้อม ๆ กัน
2. รงควัตถุระบบแสงที่ 1 เมื่อได้รับพลังงานขึ้น (จากพลังงานแสง) จะหลุดออกจากคลอโรฟิลล์และถูกต่อไปยังสาร X และเฟร์ริดอกซิตตามลำดับ จากนั้น $NADP^+$ จะมารับอิเล็กตรอนเป็นตัวสุดท้าย ทำให้ระบบรงควัตถุที่ 1 ขาดอิเล็กตรอนไป 1คู่
3. โมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็น $2H^+$ และ $2OH^-$ $2H_2O$ $2H^+ + 2OH^-$
4. NADP+ ที่รับอิเล็กตรอนจาดรงควัตถุระบบแสงที่ 1 จะมารับ2H+ จาก โมเลกุลของน้ำเป็น

$NADPH + H + NADP^+ + 2e^- + 2H^+$ $NADPH + H^+$

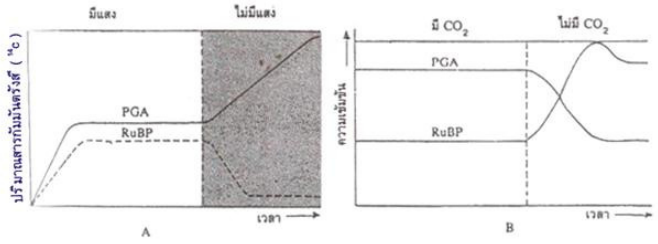
5. $2OH^-$ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจนเป็นน้ำ ออกซิเจน และ อิเล็กตรอน

6. $2e^-$ จากโมเลกุลของน้ำนี้ถูกส่งไปยังรงควัตถุระบบที่ 2

7. $2e^-$ จากรงควัตถุระบบแสงที่ 2 จะถูกส่งไปยัง ไซโทโครม Q พลาสโทคิวโนน (Plastoquinone) ไซโทโครม บี แล้วมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาสร้าง ATP แล้วจึงส่งต่อไปยังไซโทโครม เอฟ พลาสโทไซยานิน และรงควัตถุระบบแสงที่ 2 ตามลำดับ

2. ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง (Dark reaction)

ปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงเป็นปฏิกิริยาที่เกิดภายในสโตรมาของคลอโรพลาสต์ โดยเป็นปฏิกิริยาเคมีล้วนๆ (Chemical reaction) โดยปฏิกิริยานี้ไม่ต้องการแสงสว่าง (ไม่มีแสงสว่างก็ได้) แต่ต้องการ ATP และ NADPH + H^+ (ซึ่งมีพลังงานศักดิ์สูงอยู่ในโมเลกุล) จากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสง โดยนำมาใช้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (ซึ่งมีพลังงานศักดิ์ในโมเลกุลต่ำในบรรยากาศให้เป็นคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีพลังงานศักดิ์อยู่ในโมเลกุลสูง) ดังนั้น ปฏิกิริยานี้จึงเรียกได้อีกอย่างว่า ปฏิกิริยาการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide fixation) สำหรับบุคคลแรกที่ใช้คำว่า Dark reaction คือ เอฟ.เอฟ.แบลคแมน (F.F. Flack Man) เมื่อปี พ.ศ. 2448 (ค.ศ. 1905)

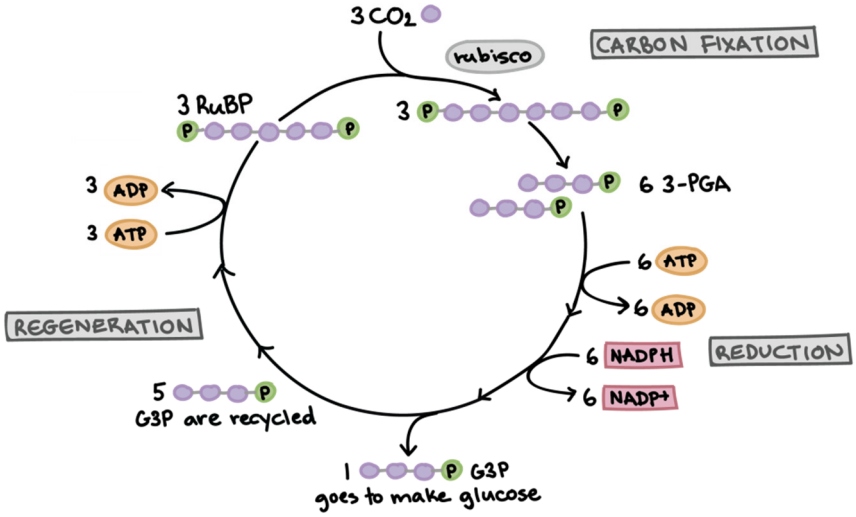


รูปที่ 9 แสดงกราฟการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสง

เหตุที่ได้กราฟออกมาดังนี้ เนื่องจากในขณะที่มีแสง PGA ถูกสร้างขึ้นจาก RuBP และ $^{14}CO2$ ได้ตลอดเวลา และ PGA บางส่วนก็สามารถเปลี่ยนไปเป็น RuBP ได้ แต่ในสภาพที่ไม่มีแสง RuBP สามารถรวมตัวกับ $^{14}C_2$ แล้วสลายตัวเป็น PGA จึงมีมาก ทำให้ RuBP ลดจำนวนลง และ RuBP สร้างขึ้นใหม่ไม่ได้ เนื่องจากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงไม่มีจึงไม่มี ATP และ NADPH + H^+ มาใช้ในการเปลี่ยน PGA เป็น RuBP ในขณะที่มีแสงและมี $^{14}C_2$ การสังเคราะห์ด้วยแสงเกิดได้ตามปกติ RuBP สามารถรวมตัวกับ $^{14}C_2$ ได้ แล้วแตกตัวเป็น PGA ได้ในในขณะเดียวกัน PGA ส่วนหนึ่งก็สามารถสร้างกลับไปเป็น RuBP ได้ ดังนั้นปริมานของ PGA และRuBP จึงคงที่ แต่เมื่อมีแสงและไม่มี $^{14}C_2$ ปริมานของ PGA จะลดลงเนื่องจาก PGAสามารถเปลี่ยนเป็น RuBP ได้ เพราะยังคงมีปฏิกิริยาที่ใช้แสงอยู่ทำให้มี ATP และNADPH + H^+ อยู่ตลอดเวลา PGA จึงรวมตัวกับ ATP และ

NADPH+ H^+ เป็น RuBP เมื่อไม่มี $^{14}C_2$ทำให้ RuBP ไม่ถูกใช้ไป RuBP จึงมีเพิ่มมากขึ้น PGA ไม่มีการสร้างเพิ่ม แต่ถูกใช้ไปเรื่อยๆ ปริมาณจึงลดลง

เมลวิน แคลวิน (Melvin Calvin) แอนดริว เอ.เบนสัน (Andrew A. Benson) และคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ที่เบริกเลย์ ได้ทดลองและศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ไม่ต้องใช้แสงดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนั้นผลการทดลองยังพบอีกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเกิดเกิดขึ้นต่อเนื่องกันเป็นวงจร หรือวัฏจักร จึงเรียก วัฏจักรนี้ว่า วัฏจักรแคลวิน – เบนสัน (Calvin – Benson's cycle) จากการศึกษาของแคลวินและเบนสัน ยังพบอีกว่าสารชนิดแรกที่อยู่ตัว ซึ่งเกิดขึ้นในปฏิกิริยา คือ กรดฟอสโฟกลีเซอริก (Phosphoglyceric acid หรือ PGA) ปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสงมี 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ ตามลำดับ คือ



รูปที่ 10 แสดงวัฏจักรคัลวิน

ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เป็นปฏิกิริยาการรวมตัวระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับ RuBP เกิดเป็น PGA ขึ้น 2 โมเลกุล เรียกปฏิกิริยานี้ว่า คาร์บอกซิเลชัน (Carboxylation) ปฏิกิริยาจะใช้เอนไซม์รูบิสโก (Rubisco enzyme) หรือ RuBP Carboxylase เร่ง

เริ่มต้นด้วยสารตั้งต้น คือ RuBP ซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอน 5 อะตอม และหมู่ฟอสเฟต 2 หมู่ จะเข้ารวมตัวกับ CO_2 ได้เป็นสารประกอบใหม่ที่มีคาร์บอน 6 อะตอม (Keto-acid) แต่สารนี้จะไม่อยู่ตัวจะสลายไปเป็น PGA 2 โมเลกุล ซึ่งแต่ละโมเลกุลของ PGA จะมีคาร์บอน 3 อะตอม และฟอสเฟต 1 หมู่ PGA นี้จึงถือว่าเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ตัวชนิดแรกในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ถ้าเริ่มจาก RuBP 6 โมเลกุล รวมตัวกับ CO_2 6 โมเลกุล จะได้ PGA12 โมเลกุล ดังสมการ

$$6RuBP + 6CO_2 \; 12PGAL$$

ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 เป็นปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการรีดิวซ์ (Reduce) PGA ให้เป็น PGAL (Phosphoglyceraldehyde)

โดยอาศัยสารที่ให้พลังงานสูงATP และตัวรีดิวซ์ (Reducer หรือ Reductant) คือ NADPH + H^+ ที่ได้จากจากปฏิกิริยาที่ใช้แสง เรียกปฏิกิริยาขั้นตอนนี้ว่า รีดักชัน (Reduction) PGAL 1 โมเลกุล ประกอบด้วยคาร์บอน 3 อะตอม และฟอสเฟต 1 หมู่ ดังนั้นเมื่อเริ่มจาก PGA 12 โมเลกุลจึงได้เป็น PGAL12 โมเลกุล ดังสมการ

$$12PGA + 12ATP + 12NADPH + H^+ \rightarrow 12PGAL + 12ADP + 12Pi + 12NADP^+$$

ข้อควรทราบพิเศษ : PGAL ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานี้ ถือว่าเป็นน้ำตาลชนิดแรกสุดที่เป็นผลผลิตสำคัญของปฏิกิริยาที่ไม่ใช้แสง

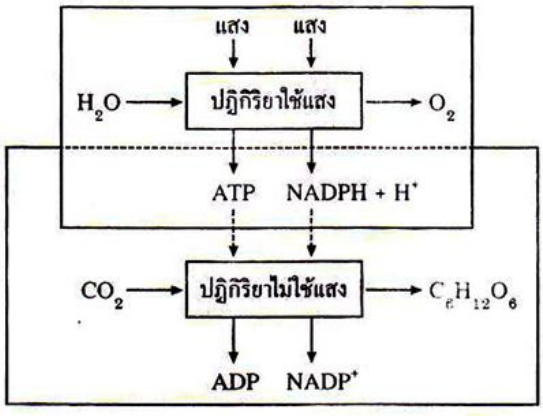
ปฏิกิริยาขั้นที่ 3 เป็นปฏิกิริยาที่นำ PGAL 12 โมเลกุล ไปเปลี่ยนแปลงต่อไป 2 วิถีทาง คือ

1.) PGAL 10 โมเลกุล จะเปลี่ยนไปเป็น RuBP 6 โมเลกุล ในการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้พลังงานจาก ATP ที่ได้จากปฏิกิริยาที่ใช้แสง และใช้หมู่ฟอสเฟตที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวนี้อีก 2 หมู่ จึงเหลือหมู่ฟอสเฟตที่ได้จากการสลายตัวของ ATP เพียง 4 หมู่ ดังสมการ

$$10PGAL + 6ATP \rightarrow 6RuBP + 6ADP + 4Pi$$

ปฏิกิริยาการสร้าง RuBP ขึ้นมาอีกครั้งหนึ่งจาก PGAL เพื่อที่จะทำให้วัฏจักรสามารถเกิดขึ้นได้ต่อไป เรียกปฏิกิริยาขั้นนี้ว่า รีเจเนอเรชัน (Regeneration)

2.) PGAL ที่เหลือ 2 โมเลกุล อาจนำไปใช้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและแป้งตามลำดับ เพื่อที่จะนำไปในกระบวนการเมแทบอลิซึมหรือเก็บสะสมไว้ การสร้างน้ำตาลกลูโคสหรือแป้งจาก PGAL เรียกว่า การสังเคราะห์ (Synthesis)



รูปที่ 11 แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

PGAL ถูกนำไปใช้ในหลายกิจกรรม ดังนี้

1. สร้างเป็น RuBP ซึ่งเป็นสารตัวกลางในวัฏจักรคัลวิน

2. ใช้เป็นสารตัวกลางในกระบวนการหายใจระดับเซลล์ โดยเข้าในช่วงไกลไคไลซิส ซึ่งจะเข้าวัฏจักรเครบส์ และระบบถ่ายอิเล็ดตรอนต่อไป

3. ถูกส่งไปยังเซลล์ข้างเคียงเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ

4. สร้างเป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่ขึ้น เช่น กลูโคส แป้ง เซลลูโลส เพกทิน หรือไขมัน ต่อไป

จากปฏิกิริยาขั้นที่ 1 จนถึงปฏิกิริยาขั้นที่ 3 เมื่อรวมสมการจะได้ดังนี้

$$6CO_2 + 18ATP + 12NADPH + H^+ C_6H_{12}O_6 + 18Pi + 12NADP^+ + 6H_2O$$

สำหรับปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงที่สมบูรณ์ คือ

$$6CO_2 + 12H_2O \text{ (Light + Chlorophyll) } C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

<u>แบบฝึกหัดที่ 2 เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง</u>

คำชี้แจง ให้นักเรียนนำข้อความชุด ข. มาเติมหน้าข้อความชุด ก. ให้ถูกต้องและมีความสัมพันธ์กัน

ชุด ก.

……..ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

……..ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

……..อุณหภูมิที่เหมาะสมกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

……..ความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

……..ปัจจัยที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

……..ความเข้มข้นของแสงน้อยมาก

……..แร่ธาตุที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์

……..สร้างคลอโรฟิลล์และสารไซโตรโครม

……..พลังงานเคมีในรูปของอาหารที่ถ่ายทอดไปยังคน และสัตว์ ที่กินพืชและสัตว์เข้าไป

ชุด ข.

ก. น้ำตาลกลูโคส แก๊สออกซิเจนและน้ำ

ข. กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชจะเกิดขึ้นน้อยกว่ากระบวนการหายใจ

ค. คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน

ง. ต้องการประมาณ 1% เท่านั้น จึงไม่สำคัญ แต่ขาดไม่ได้

จ. ธาตุแมกนีเซียม และไนโตรเจน

ฉ. น้ำ แร่ธาตุ แสงสว่าง คลอโรฟิลล์และคาร์บอนไดออกไซด์

ช. ประมาณ 10-35 องศาเซลเซียส

ซ. สร้างความชุ่มชื้น ถ่ายทอกพลังงาน ลดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มแก๊สออกซิเจน

ฌ. ธาตุเหล็ก

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 2

เรื่อง กระบวนการสังเคราะห์แสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนนำข้อความชุด ข. มาเติมหน้าข้อความชุด ก. ให้ถูกต้องและมีความสัมพันธ์กัน

…ง…..ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

…ก…..ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

…ช…..อุณหภูมิที่เหมาะสมกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

…ซ…..ความสำคัญของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

…ฉ…..ปัจจัยที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง

…ข…..ความเข้มข้นของแสงน้อยมาก

…จ…..แร่ธาตุที่สำคัญที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์

…ฌ…..สร้างคลอโรฟิลล์และสารไซโตรโครม

…ค…..พลังงานเคมีในรูปของอาหารที่ถ่ายทอดไปยังคน และสัตว์ ที่กินพืชและสัตว์เข้าไป

แบบฝึกหัดที่ 3

เรื่อง กระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การสังเคราะห์ด้วยแสง คืออะไร

   ก. การสร้างเส้นใยของพืชโดยใช้แสง ข. การสร้างอาหารของพืช

   ค. การสร้างพลังงานโดยใช้แสง ง. การดูดกลืนแสงของพืช

2. กระบวนการใด **ไม่**พบในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

   ก. กระบวนการไม่ใช้แสง ข. กระบวนการใช้แสง

   ค. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ง. การตรึงออกซิเจน

3. ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง คืออะไร

   ก. น้ำตาลกลูโคส ข. น้ำตาลฟรุกโตส

   ค. แป้ง ง. คาร์โบไฮเดรต

4. ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้มาจากอะไร

   ก. ออกซิเจนที่พืชดูดเข้าไป ข. คาร์บอนไดออกไซด์

   ค. คลอโรฟิลล์ ง. น้ำ

5. พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุดที่แสงสีใด

   ก. แดง ข. ม่วง ค. เหลือง ง. เขียว

6. การไหลของอิเลคตรอนในคลอโรพลาสต์เกิดที่ใด

   ก. Cristae ข. Stroma ค. Matrix ง. Thylakoid

7. Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase ทำหน้าที่อะไร

   ก. จับ CO_2 ข. จับ O_2 ค. จับ CO_2 และ O_2 ง. จับ N_2

8. พืชชนิดใดไม่มีกระบวนการ Photorespiration

   ก. มันฝรั่งและอ้อย ข. ทานตะวันและข้าวโพด

   ค. ข้าวฟ่างและข้าว ง. ข้าวโพดและอ้อย

9. Dark reaction เกิดเมื่อไร

   ก. กลางคืนเท่านั้น ข. กลางวันและกลางคืน

   ค. กลางวันเท่านั้น ง. เมื่อเกิดความมืดในเวลาใดก็ได้ของวัน

10. ข้อใดเป็นลักษณะของพืช C_3

    ก. มี Photorespiration ข. มี Bundle sheath

    ค. มีคลอโรฟิลล์ d ง. มี CO_2 compensation point ต่ำกว่าพืช C_2

เฉลยแบบฝึกหัดที่ 3

เรื่อง การสังเคราะห์แสง

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. การสังเคราะห์ด้วยแสง คืออะไร

ก. การสร้างเส้นใยของพืชโดยใช้แสง ข. การสร้างอาหารของพืช

ค. การสร้างพลังงานโดยใช้แสง ง. การดูดกลืนแสงของพืช

2. กระบวนการใด **ไม่**พบในการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช

ก. กระบวนการไม่ใช้แสง ข. กระบวนการใช้แสง

ค. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ ง. การตรึงออกซิเจน

3. ผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง คืออะไร

ก. น้ำตาลกลูโคส ข. น้ำตาลฟรุกโตส

ค. แป้ง ง. คาร์โบไฮเดรต

4. ออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้มาจากอะไร

ก. ออกซิเจนที่พืชดูดเข้าไป ข. คาร์บอนไดออกไซด์

ค. คลอโรฟิลล์ ง. น้ำ

5. พืชสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีที่สุดที่แสงสีใด

ก. แดง ข. ม่วง ค. เหลือง ง. เขียว

6. การไหลของอิเลคตรอนในคลอโรพลาสต์เกิดที่ใด

ก. Cristae ข.Stroma ค. Matrix ง . Thylakoid

7. Ribulose 1,5 diphosphate carboxylase ทำหน้าที่อะไร

ก. จับ CO_2 ข. จับ O_2 ค จับ CO_2 และ O_2 ง จับ N_2

8. พืชชนิดใดไม่มีกระบวนการ Photorespiration

ก. มันฝรั่งและอ้อย ข. ทานตะวันและข้าวโพด

ค. ข้าวฟ่างและข้าว ง. ข้าวโพดและอ้อย

9. Dark reaction เกิดเมื่อไร

ก. กลางคืนเท่านั้น ข. กลางวันและกลางคืน

ค. กลางวันเท่านั้น ง. เมื่อเกิดความมืดในเวลาใดก็ได้ของวัน

10. ข้อใดเป็นลักษณะของพืช C_3

ก. มี Photorespiration ข. มี Bundle sheath

ค. มีคลอโรฟิลล์ d ง. มี CO_2 compensation point ต่ำกว่าพืช C_2

แบบฝึกหัดที่ 4 เรื่อง การประยุกต์ไดโอดเปล่งแสงกับการเจริญเติบโตของพืช

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านบทความเรื่อง การประยุกต์ไดโอดเปล่งแสงกับการเจริญเติบโตของพืช และตอบ คำถามที่กำหนดให้

การประยุกต์ไดโอดเปล่งแสงกับการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืช หมายถึง การที่พืชมีการเพิ่มความสูง เพิ่มขนาด และมีการเปลี่ยนแปลงอวัยวะต่างๆ ไปตามขั้นตอนของพืชนั้น ๆ เช่น เมล็ดที่สมบูรณ์เมื่อได้รับความชื้นที่เหมาะสมจะเริ่มงอกรากและสร้างต้นอ่อน แล้วเติบโตเป็นต้นกล้า ต้นกล้าจะเติบโตเป็นต้นใหญ่ ที่มีใบ และกิ่งก้านสาขามากขึ้นและมีขนาดใหญ่ขึ้น จนกระทั่งเจริญเติบโตเต็มที่จึงออกดอกและผลต่อไป เกณฑ์การวัดการเจริญเติบโตของพืชประกอบด้วยการวัดความสูงของพืช การนับจำนวนโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพืช และการวัดน้ำหนักแห้งของพืช ลักษณะที่แสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโตนั้น อาจสังเกตได้จากเมล็ดมีการงอกไปเป็นต้นอ่อน รากจะยาวและใหญ่ขึ้น จานวนรากที่งอกมีเพิ่มขึ้น มีการแตกแขนงของรากมากขึ้น ลาต้นจะสูงและใหญ่ขึ้น มีการผลิตาทั้งตากิ่ง ตาใบ และตาดอก ดอกจะใหญ่ขึ้น หรือดอกเปลี่ยนแปลงไปเป็นผล ใบและผลจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นต้น โดยทั่วไปแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกเป็น 3 ระยะ คือ (1) ระยะ การเพาะกล้า (seeding) (2) ระยะการเจริญเติบโต (vegetative growth) และ (3) ระยะการออกดอกและแพร่พันธุ์ (germinate through flowering) จึงมีการทบทวนวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไดโอดเปล่งแสงสีต่าง ๆ ในการปลูกพืช และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืช เพื่อศึกษาว่าผลของแสงสีใดบ้างที่กำเนิดจากไดโอดเปล่งแสงจะมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตมากที่สุด รวมถึงทราบความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสม

ที่มา : นภัทร วัจนเทพินทร์, บทความวิชาการ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

คำถาม

1. นักเรียนคิดว่า เราสามารถใช้ไดโอดเพื่อทำให้พืชตอบสนองได้ในด้านใดบ้าง ในแง่การปรับตัวของพืช

.....

.....

.....

2. การศึกษาใช้ไดโอดเข้ามากระตุ้นการปรับตัวของพืช น่าจะมีผลอย่างไรในเชิงเศรษฐกิจ

.....

.....

.....

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดพร้อมระบุเหตุผล

1. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. การหายใจ การเน่าเปื่อย และการตายของสัตว์ทำให้อากาศดี และการหายใจของพืชทำให้อากาศเสีย

ข. การหายใจ การเน่าเปื่อย และการตายของสัตว์ทำให้อากาศเสีย และการหายใจของพืชทำให้อากาศดี

ค. การหายใจ การเน่าเปื่อย การตายของสัตว์ และการหายใจของพืชทำให้อากาศดี

ง. การหายใจ การเน่าเปื่อย การตายของสัตว์ และการหายใจของพืชทำให้อากาศเสีย

.....

.....

2. เมื่อพืชเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง จะเก็บสารอาหารไว้ อยากทราบว่าสารอาหารดังกล่าวมีธาตุใดประกอบอยู่เป็นหลัก

ก. ซัลเฟอร์ ข. คาร์บอน ค. ออกซิเจน ง. น้ำ

.....

.....

3. แก๊สที่เกิดจากการลุกไหม้และการหายใจของสัตว์คือแก๊สใด

ก. ออกซิเจน

ข. ไนโตรเจน

ค. คาร์บอนไดออกไซด์

ง. คาร์บอนมอนอกไซด์

.....

.....

4. ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. การหายใจของคนต้องการแก๊สออกซิเจน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดขาว

ข. การหายใจของคนต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง

ค. การหายใจของคนต้องการแก๊สออกซิเจน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง

ง. การหายใจของคนต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดขาว

.....

.....

5. ถ้าใช้แสงสีต่าง ๆ ส่องไปยังสาหร่ายสีเขียวที่มีลักษณะเป็นสายยาว ซึ่งมีแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจอาศัยอยู่รอบ ๆ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที จะพบว่ามีแบคทีเรียอยู่มากที่สุดบริเวณที่รับแสงสีใด

ก. แสงสีส้ม ข. แสงสีเขียว ค. แสงสีเหลือง ง. แสงสีแดง

.....

.....

6. สิ่งมีชีวิตชนิดใด ที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เหมือนพืชสีเขียว

ก. ยีสต์, ไลเคนส์

ข. ราเมือก, ยูกลีนา

ค. ราขนมปัง, สาหร่ายสีน้ำตาล

ง. ไซยาโนแบคทีเรีย, สไปโรไจรา

.....

.....

7. สมการดังต่อไปนี้ มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตชนิดใด

$CO_2 + 2H_2S \rightarrow CH_2O + 2S + H_2O$

ก. มอสส์ ข. สาหร่าย ค. รา ง. แบคทีเรีย

.....

.....

8. คาร์โบไฮเดรตที่พืชสังเคราะห์เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาตามข้อใด

ก. คาร์บอนไดออกไซด์รวมกับน้ำ

ข. คาร์บอนไดออกไซด์รวมตัวกับไฮโดรเจนจากน้ำ

ค. คาร์บอนรวมตัวกับไฮโดรเจนและออกซิเจนจากน้ำ

ง. คาร์บอนรวมตัวกับออกซิเจนจากอากาศและไฮโดรเจนจากน้ำ

.....

.....

9. Robin Hill สรุปผลการทดลองของตนได้ว่าอย่างไร

ก. น้ำจะถูกแยกโมเลกุลโดยเกลือเฟอริก

ข. เกลือเฟอริกเมื่อได้รับไฮโดรเจนจากน้ำจะเกิดการคงรูปและไม่เปลี่ยนแปลง

ค. เกลือเฟอริกเมื่อได้รับออกซิเจนจากน้ำจะเกิดการคงรูปและไม่เปลี่ยนแปลง

ง. สาหร่ายจะนำไฮโดรเจนจากน้ำมาสังเคราะห์อาหาร

.....

.....

10. การทดลองของ *Samuel Ruben และ Martin Kamen* พบว่าสาหร่ายสีเขียวสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากได้รับออกซิเจนมาจากที่ใด

1. อากาศ 2. น้ำ 3. โมเลกุลของ CO_2

ก. 1 เท่านั้น ข. 2 เท่านั้น

ค. 1 และ 2 ง. 1 และ 3

.....

.....

11. ข้อใดกล่าวถึงหน้าที่ของ thylakoid membrane และ Calvin cycle ได้ถูกต้องที่สุด

ก. ปฏิกิริยาแสงเกิดที่ stroma และนำพลังงานแสงมาสร้าง NADPH และ ATP

ข. ปฏิกิริยาแสงเกิดที่ thylakoid membrane และนำ NADPH และ ATP ที่ได้มาเปลี่ยน CO_2 ให้เป็นน้ำตาล

ค. Calvin cycle เกิดที่ thylakoid membrane และนำพลังงานแสงมาสร้าง NADPH และ ATP

ง. Calvin cycle เกิดที่ stroma และนำ NADPH และ ATP ที่ได้มาเปลี่ยน CO_2 ให้เป็นน้ำตาล

.....

.....

12. ค่าพลังงานของรงควัตถุมีปัจจัยด้านใดเป็นตัวกำหนดระดับของการกระตุ้น e^- ได้มากที่สุด

ก. ชนิดของรงควัตถุ

ข. ขนาดของรงควัตถุ

ค. ปริมาณของรงควัตถุ

ง. แหล่งผลิตรงควัตถุ

.....

.....

ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์

เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง

ชื่อ.....เลขที่.....ชั้น.....

คำชี้แจง : ตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด

1. ให้นักเรียนอ่านบทความดังต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด

การค้นพบของ Robert Emerson

Robert Emerson และคณะ ได้พบว่าแสงสีแดงเป็นแสงที่ทำให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงและได้ออกซิเจนสูงสุดในสาหร่าย Chlorella ซึ่งแสงสีแดงจะมีความยาวคลื่น 650-680 นาโนเมตร แต่อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงจะลดลงอย่างมาก เมื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 685 นาโนเมตร หรือแสง Far Red นั่นเอง แต่อย่างไรก็ตาม การสังเคราะห์ด้วยแสงในช่วงคลื่นแสงที่มีมากกว่า 685 นาโนเมตร จะเพิ่มขึ้นมาโดยการให้แสงสีแดงร่วมไปด้วย ซึ่งอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นในสภาพที่มีแสง Far Red และแสงสีแดงรวมกันนั้นมากกว่าผลรวมของการสังเคราะห์ด้วยแสงในแสงสีแดงและแสง Far Red ที่แยกกันคนละการทดลอง การเกิดการเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสงดังกล่าวนี้ เรียกว่า Emerson Enhancement Effect ซึ่งจากการค้นพบดังกล่าวนี้ ส่งผลให้สรุปว่ามีกลุ่มของรงควัตถุ 2 กลุ่ม เรียกว่า Photosystems ทำงานร่วมกันและก่อให้เกิดการสังเคราะห์ด้วยแสงที่มีประสิทธิภาพในสภาพของ Far Red และแสงสีแดง รงควัตถุกลุ่มแรก เรียกว่า ระบบแสงที่ 1 ประกอบด้วย คลอโรฟิลล์ เอ เป็นจำนวนมาก และระบบแสงที่ 2 ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ บี เป็นจำนวนมาก ระบบแสงที่ 1 เป็นรงควัตถุในกลุ่มที่สามารถดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 680 นาโนเมตร และแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 680 นาโนเมตร แต่ระบบแสงที่ 2 ดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 680 นาโนเมตรเท่านั้น จุดศูนย์กลางของปฏิกิริยาของ Photosystem I คือ P700 และจุดศูนย์กลางของปฏิกิริยาของ Photosystem II คือ P680

ที่มา: สรีรวิทยาพืชไร่ โดย ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำถาม

1. เพราะเหตุใด Emerson จึงใช้การวัดปริมาณ O_2 เพื่อดูผลของความยาวคลื่นที่มีต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง

.....

.....

2. เพราะเหตุใดสาหร่าย Chlorella และพืชชั้นสูงหลายชนิดจึงต้องอาศัยรงควัตุทั้ง 2 ระบบ

.....

3. ในไทลาคอยด์จะมีโปรตีนและโมเลกุลหลายชนิดที่เรียงตัวกันอยู่ในระบบแสงทั้งสอง นักเรียนคิดว่าโปรตีนและโมเลกุลเหล่านี้มีหน้าที่อะไร

.....

.....

2. ให้นักเรียนอ่านบทความดังต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามตามที่โจทย์กำหนด

Crassulacean Acid Metabolism (CAM)

ในปี 1958 มีรายงานว่า พืชตระกูล Crassulaceae ซึ่งเป็นพืชอวบน้ำ ขึ้นในสภาพแห้งแล้ง มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเวลากลางคืน เนื่องจากพืชชนิดนี้เปิดปากใบในเวลากลางคืน และเก็บไว้ในรูปของ malic acid ในแวคิวโอล ความเข้มข้นของ malic acid ที่สะสมอยู่ในแวคิวโอลนี้อาจจะมีค่าประมาณ 0.3 โมลาร์ ซึ่งจะทำให้ pH ของเซลล์ต่ำกว่า 4 และปริมาณกรดจะลดลงในเวลากลางวัน จึงทำให้ pH ของเซลล์ในเวลากลางวันสูงกว่าในเวลากลางคืน เนื่องจากการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้พบครั้งแรกในพืช Genus Crassulaceae จึงเรียกการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า Crassulacean Acid Metabolism และเรียกพืชที่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ว่า Crassulacean Acid Metabolism Plasnts (CAM Plants) ลักษณะสำคัญของพืชที่มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบนี้ คือ มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ ไม่มี bundle sheath อวบน้ำ ทนแล้ง เปิดปากใบในเวลากลางคืน การเปิดปากใบในเวลากลางคืนนี้จะทำให้การคายน้ำลดลง ซึ่งเป็นการปรับตัวของพืชให้สามารถเจริญเติบโตในสภาพแห้งแล้งได้ ดังนั้น จะพบว่าพืช CAM ใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโตน้อยกว่าพืช C_3 และพืช C_4

พืช CAM มีการเจริญเติบโตช้ากว่า พืช C_3 และพืช C_4 และในกรณีที่มีน้ำเพียงพอ และมีการใช้กรดที่สะสมไว้จนหมด พืช CAM บางชนิดอาจจะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 pathway และในบางครั้งพืช C_3 อาจจะเปลี่ยนเป็นพืช CAM ได้ถ้าอยู่ในสภาพแห้งแล้ง พืชบางชนิด เช่น *Pepermia campotricha* มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งแบบ C_3 pathway และแบบ CAM กล่าวคือ ในระยะต้นกล้าจะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ C_3 pathway และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ (mature) จะมีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์แบบ CAM

ที่มา: สรีรวิทยาของพืช โดย ลิลลี่ กาวิตั๊ะ และคณะ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำถาม

1. จากบทความข้างต้น นักเรียนคิดว่าในตระกูล Crassulaceae จะมีพืชชนิดใดบ้าง (ระบุอย่างน้อย 3 ชนิด)

.....

2. ถ้าหากพืช CAM เปิดปากใบในเวลากลางวัน จะส่งผลดีหรือผลเสียต่อพืช อย่างไร

.....

.....

3. เพราะเหตุใดพืช CAM จึงต้องมีแวคิวโอลขนาดใหญ่อยู่ภายในเซลล์

.....

.....

3. ให้นักเรียนเขียนอธิบายเรื่อง “ปากใบ” ในเชิงที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยให้ใช้คำสำคัญ (key words) ทั้งหมดดังต่อไปนี้

การคายน้ำ CO_2 guard cell ความชื้น แสง อุณหภูมิ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนเขียนอธิบายถึงความสำคัญของการตอบสนองของพืชที่มีต่อแสง (สามารถยกตัวอย่างการทดลองประกอบคำอธิบายได้)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺☺

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายปฐมรัฐ คูหา
วัน เดือน ปีเกิด	26 มีนาคม พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดกาญจนบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 586 หมู่ที่ 2 ตำบลทับคล้อ อำเภอทับคล้อ จังหวัดพิจิตร 66150
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา