

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา

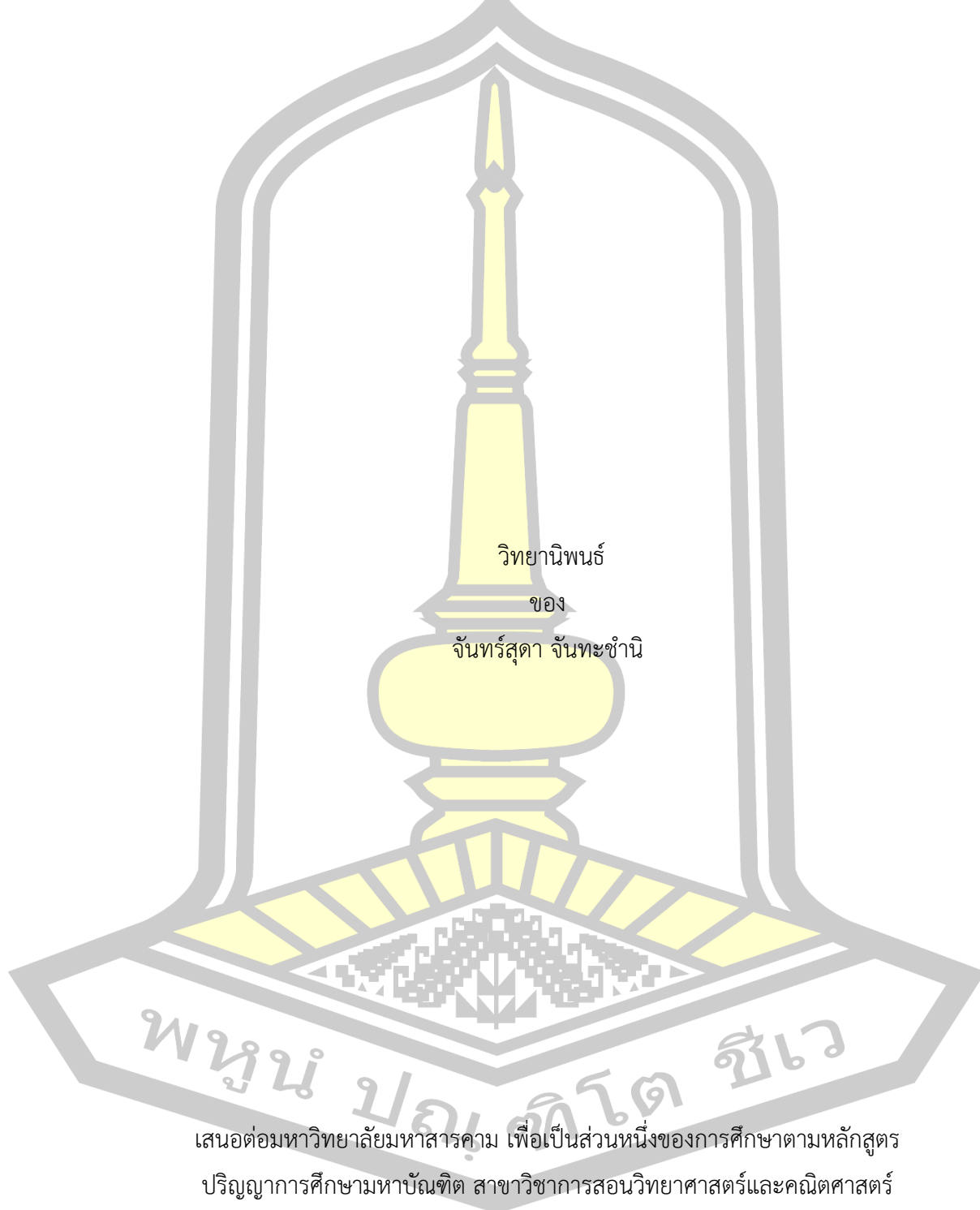
วิทยานิพนธ์
ของ
จันทร์สุดา จันทะขำนิ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา



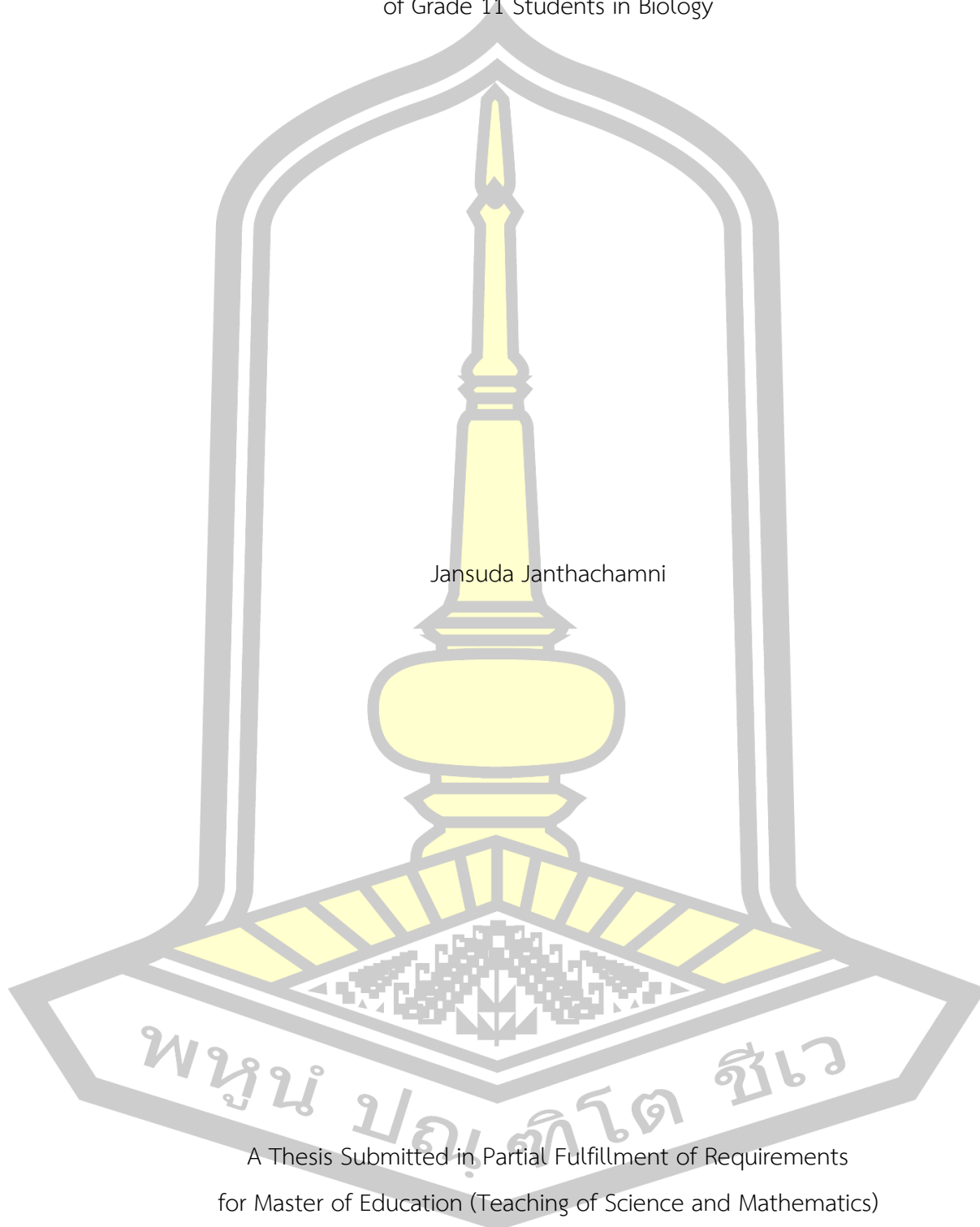
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มิถุนายน 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

MACRO Model Learning Management on Ability in the Scientific Explanation Making
of Grade 11 Students in Biology

Jansuda Janthachamni



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Teaching of Science and Mathematics)

June 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวจันทร์สุดา จันทะ
ขำนิ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. รุติวรดา พลเยี่ยม)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. พรรณวิไล ดอกไม้)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง)

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

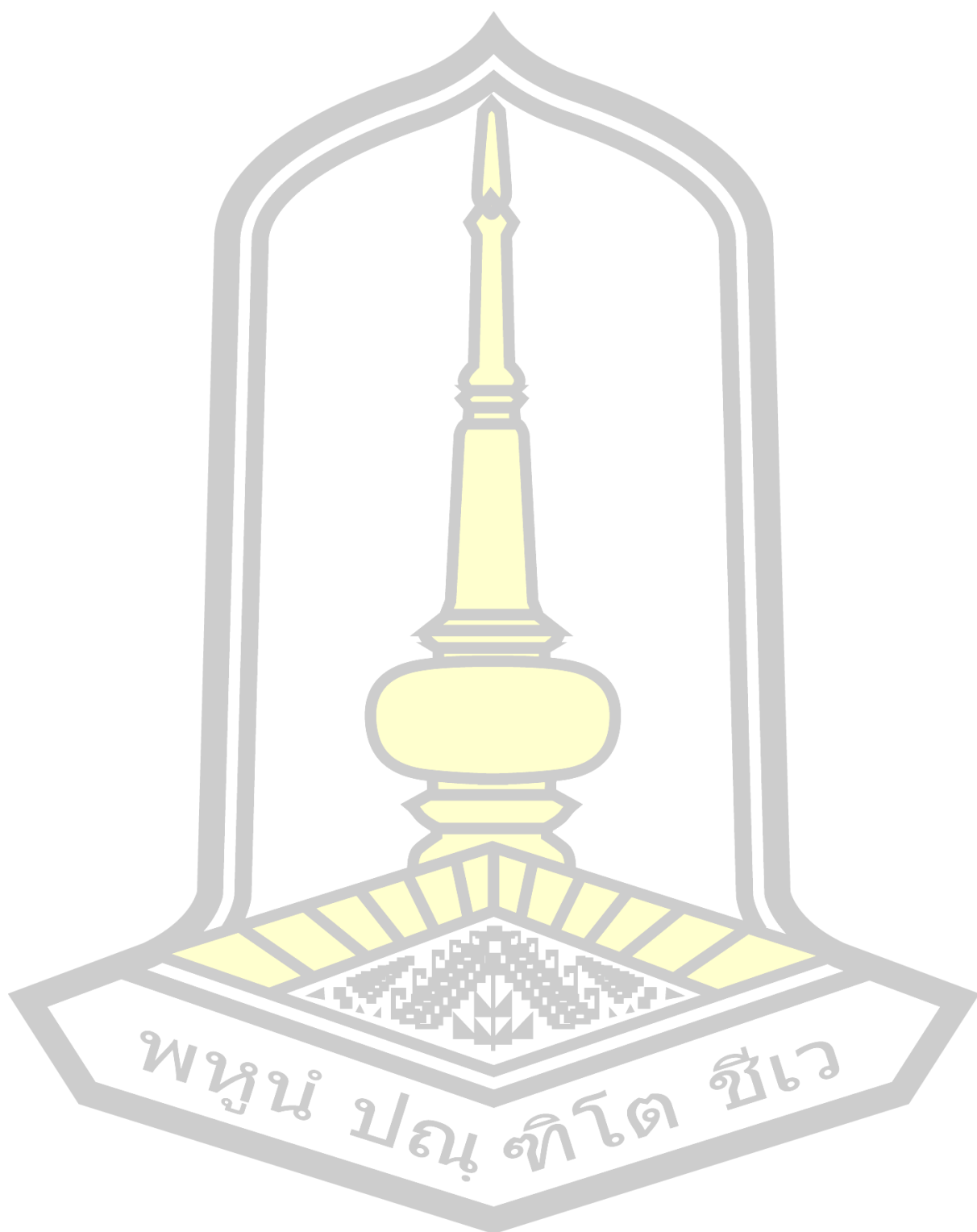
ชื่อเรื่อง	การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา		
ผู้วิจัย	จันทร์สุดา จันทะขานี		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฐิติวรดา พลเยี่ยม		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 36 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จากโรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคพลันธุ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผน 9 ชั่วโมง มีค่าความเหมาะสมอยู่ระหว่าง 4.21-4.59 และ 2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก 36 คน

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model, ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์



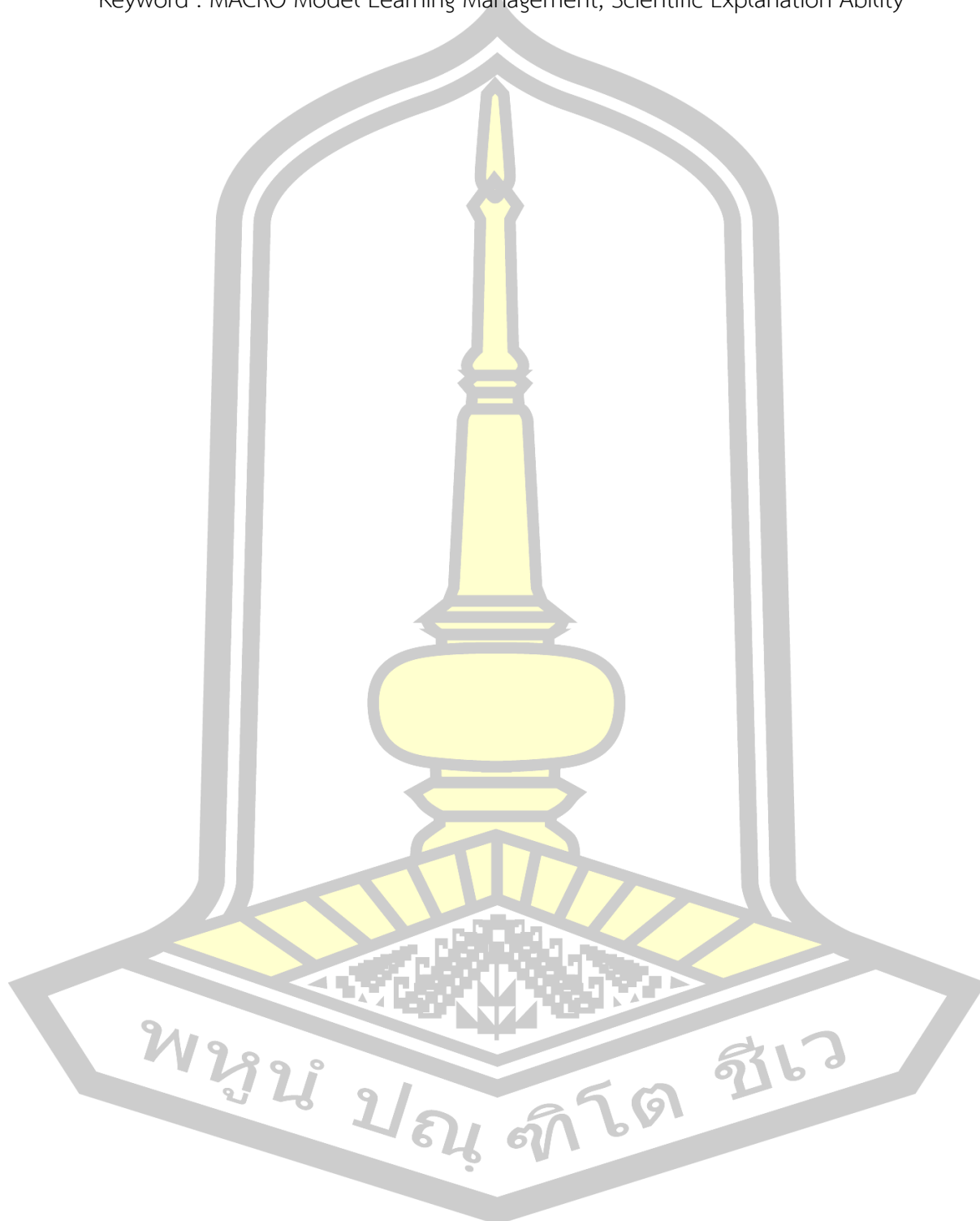
TITLE	MACRO Model Learning Management on Ability in the Scientific Explanation Making of Grade 11 Students in Biology		
AUTHOR	Jansuda Janthachamni		
ADVISORS	Assistant Professor Titiworada Polyiem , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

The purposes of this research were: 1) to develop MACRO Model Learning Management with a required efficiency of 75/75 and 2) to develop the Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students who have been taught by MACRO Model Learning Management to pass the excellent level. The samples group was 36 students of class 5/2 in the 2nd semester of 2023 academic year from a school Under the Secondary Educational Service Area Office Kalasin. The research instruments were: 1) the 6 MACRO Model Learning Management plans on Respiratory System for 9 hour with 4.21 to 4.59 appropriateness level and 2) the Scientific Explanation Ability test with subjective test, totally 6 items with the consistency index value ranged from 0.67-1.00. The data analysis statistics included mean, standard deviation and percentage.

The results were as follows: 1) The efficiency value of MACRO Model Learning Management to Grade 11 Students's Scientific Explanation Ability was 78.89/77.24, which was higher than the assigned criterion of 75/75 and 2) Development of Scientific Explanation Ability of Grade 11 Students with MACRO model Learning Management. The average score of Scientific Explanation Ability was 27.81 from a full score of 36, representing 77.24 percent. There were 36 students who passed the criteria of excellent level.

Keyword : MACRO Model Learning Management, Scientific Explanation Ability

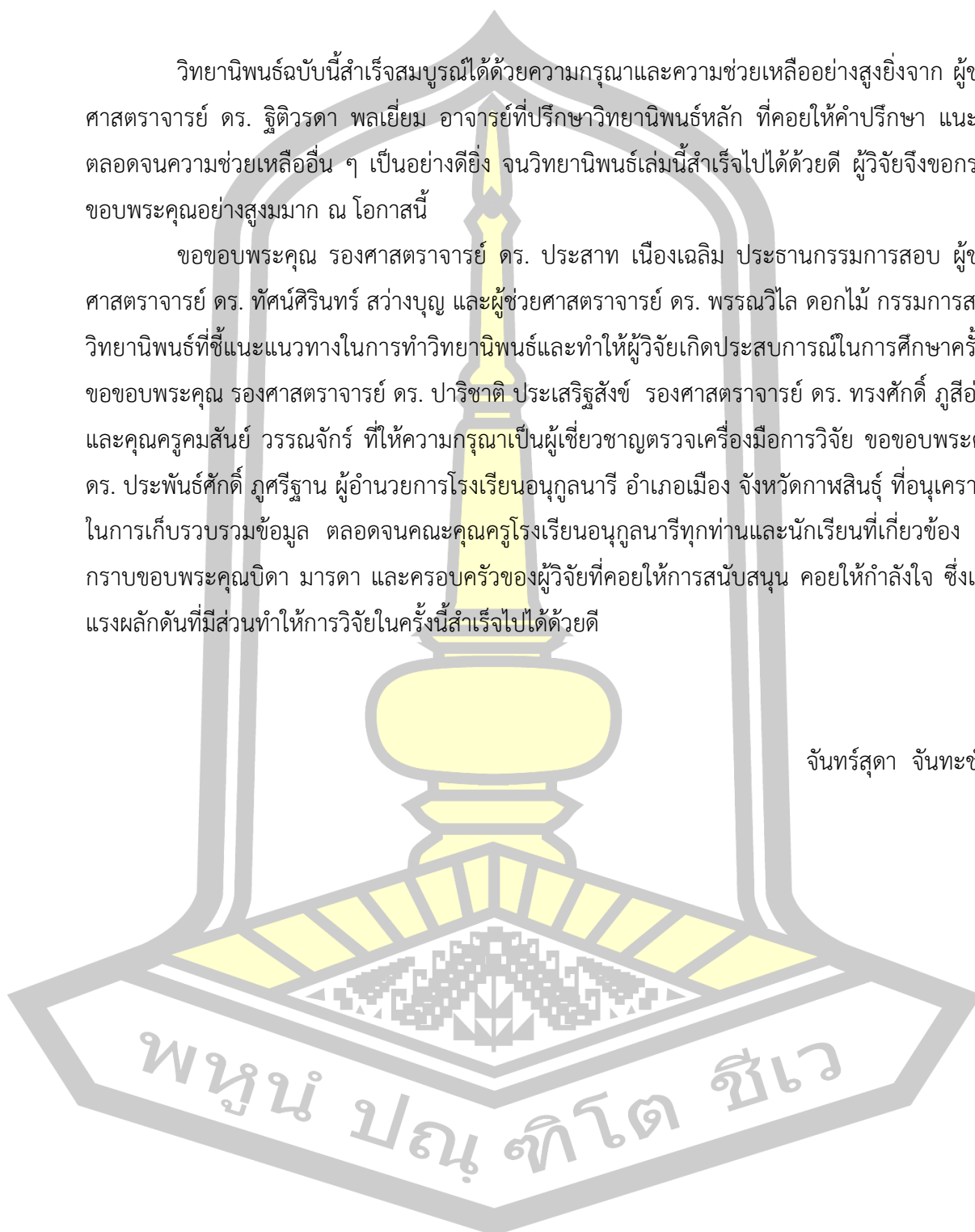


กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติวรดา พลเยี่ยม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนความช่วยเหลืออื่น ๆ เป็นอย่างยิ่ง จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมมาก ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พรธณวิไล ดอกไม้ กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ที่ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์และทำให้ผู้วิจัยเกิดประสบการณ์ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน และคุณครูคมสันย์ วรรณจักร์ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ขอขอบพระคุณ ดร. ประพันธ์ศักดิ์ ภูศรีฐาน ผู้อำนวยการโรงเรียนอนุกุลนารี อำเภอมะนัง จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่อนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ตลอดจนคณะคุณครูโรงเรียนอนุกุลนารีทุกท่านและนักเรียนที่เกี่ยวข้อง ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยให้การสนับสนุน คอยให้กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

จันทร์สุดา จันทะขานี

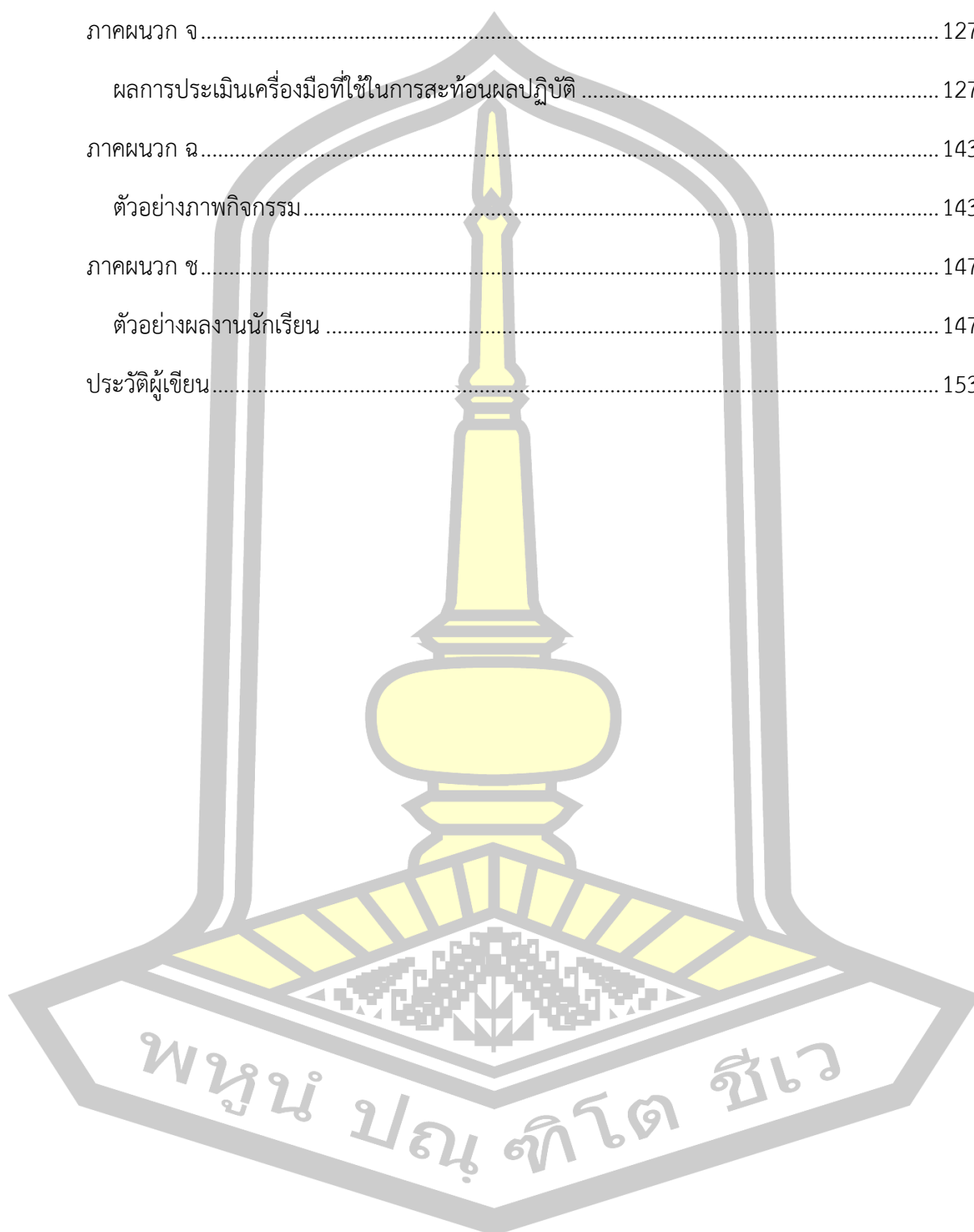


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฎ
บทที่ 1	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2	8
เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	8
การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model	26
ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน	34
การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	43
การวิจัยที่เกี่ยวข้อง	56
บทที่ 3	61
วิธีดำเนินการวิจัย	61
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	61
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	62

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	62
การเก็บรวบรวมข้อมูล	71
การวิเคราะห์ข้อมูล	72
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	72
บทที่ 4	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
ลำดับขั้นที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	75
บทที่ 5	78
สรุปผล อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ	78
ความมุ่งหมายของการวิจัย	78
สรุปผล	78
อภิปรายผล	79
ข้อเสนอแนะ	81
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก	92
หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย	92
ภาคผนวก ข	97
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	97
ภาคผนวก ค	111
เครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ	111
ภาคผนวก ง	117

การประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้.....	117
ภาคผนวก จ.....	127
ผลการประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลปฏิบัติ.....	127
ภาคผนวก ฉ.....	143
ตัวอย่างภาพกิจกรรม.....	143
ภาคผนวก ช.....	147
ตัวอย่างผลงานนักเรียน.....	147
ประวัติผู้เขียน.....	153



สารบัญตาราง

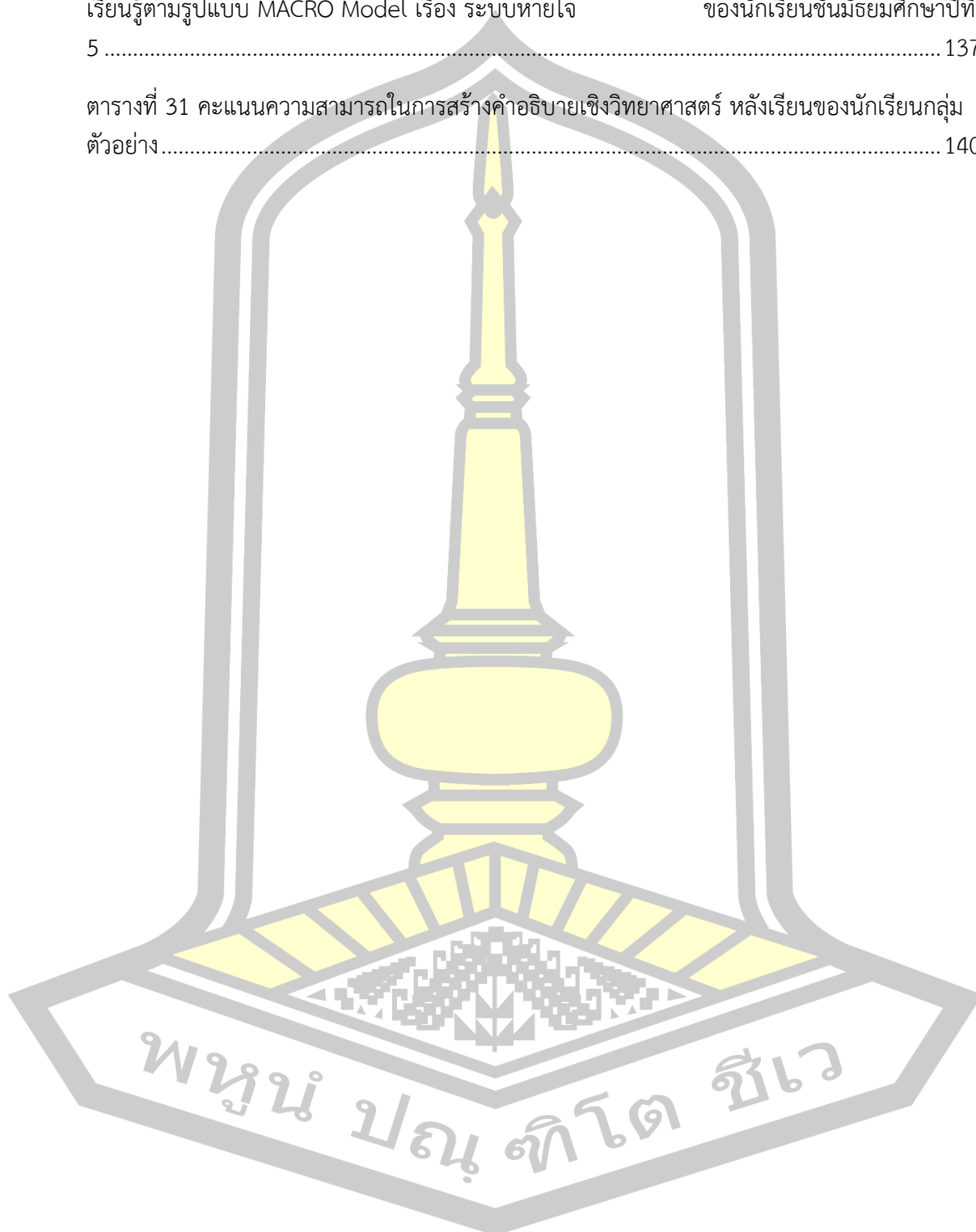
หน้า

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566.....	19
ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Sundoval (2001).....	49
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Moji, et al. (2004).....	49
ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill, et al. (2006).....	51
ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill and Krajcik (2008).....	51
ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ สันติชัย อนุวรชัย ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008).....	52
ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ กฤตกร สภาสันติกุล (2559) ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008).....	53
ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ อรณิชา หงษ์เกิด (2561) ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2006).....	53
ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	54
ตารางที่ 10 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกฤตกร สภาสันติกุล (2558) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008).....	54
ตารางที่ 11 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาวัชร (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008).....	55
ตารางที่ 12 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของธีรณา ชุมแสง (2560) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008).....	55
ตารางที่ 13 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาวัชร (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008).....	55
ตารางที่ 14 แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Posttest Only Design	61

ตารางที่ 15 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ	63
ตารางที่ 16 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้.....	68
ตารางที่ 17 การวิเคราะห์ข้อสอบในแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบหายใจ	69
ตารางที่ 18 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	70
ตารางที่ 19 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาภักดิ์ (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008).....	72
ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	76
ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และระดับความสามารถ กับคะแนน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	77
ตารางที่ 22 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	121
ตารางที่ 23 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	122
ตารางที่ 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	123
ตารางที่ 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	124
ตารางที่ 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	125
ตารางที่ 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	126
ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถใน การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	128
ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	134

ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	137
--	-----

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	140
---	-----



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

ในยุคปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง อันเนื่องมาจากการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิต ความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่าง ๆ จัดเป็นความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือสำคัญอย่างยิ่งในการเตรียมเยาวชนให้มีความพร้อมสามารถดำเนินชีวิตในโลกปัจจุบันที่มีวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน รับรู้และตัดสินใจประเด็นปัญหาของสังคมที่เกิดจากผลกระทบของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความรู้ความเข้าใจ มีส่วนร่วมในสังคมระดับชุมชน ระดับประเทศและระดับโลกอย่างเต็มภาคภูมิ โดยเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ การทำให้นักเรียนทุกคนมีความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) (สสวท., 2562) ในปี ค.ศ. 2018 องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ได้ให้นิยามความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ ในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Program for International Student Assessment, PISA) ที่ดำเนินการโดย OECD มีประเด็นหลักในการประเมินความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คือ ต้องการทราบว่านักเรียนที่กำลังเติบโตไปเป็นทรัพยากรแรงงานที่สำคัญของประเทศ มีความรู้ในทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด มีสมรรถนะ

ที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ ตามตัวบ่งชี้ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) ประกอบด้วย 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ 2) การประเมินและออกแบบการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การตีความหลักฐานและข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์

จากการวิเคราะห์รายงานผลการประเมิน PISA ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2000 ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วม จนถึงปัจจุบัน พบว่า คะแนนความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในช่วง 421-444 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD ทุกปี และนักเรียนไทยเฉลี่ยร้อยละ 50 มีระดับความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับสอง ซึ่งเป็นระดับพื้นฐานที่นักเรียนวัยนี้ควรรู้ (สุนีย์ คล้ายนิลและคณะ ; สสท., 2554, 2557, 2561 และ 2564) โดยหนึ่งในสามของนักเรียนไทยมีคะแนนความรอบรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับการวิจัยที่บ่งบอกไว้ว่าความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์และการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันของนักเรียนไทยยังคงอยู่ในระดับต่ำ (ชรินดา สุขแสนชนานันท์, 2555) แสดงให้เห็นว่าการจัดการศึกษาของไทยยังไม่ประสบความสำเร็จในการส่งเสริมนักเรียนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ โดยหนึ่งในสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น คือ การบรรยาย อธิบาย ตีความหรือคาดการณ์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ที่สมเหตุสมผล (สสท., 2556 และสุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรี, และ อัมพลิกา ประโมจน์ย์, 2551) สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยได้สำรวจจากการที่ผู้วิจัยได้ประเมินนักเรียนโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัยครอบคลุม 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล มาทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนอนุกุลนารี ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 36 คน พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจำนวน 9 คน อยู่ในระดับดีมาก นักเรียนจำนวน 16 คน อยู่ในระดับดี และนักเรียนจำนวน 11 คน อยู่ในระดับควรปรับปรุง จากสภาพปัญหาข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 36 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้เรื่องวิทยาศาสตร์นำมาสู่การเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันที่เปลี่ยนแปลงจากการเน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษามาเป็นการสร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์โดยเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผลส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่าความรู้วิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้และยังเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการจัดการเรียนรู้อาชีววิทยาศาสตร์ หากนักเรียนไม่มีความสามารถนี้จะ

ส่งผลให้ขาดการพัฒนาด้านการคิดทักษะในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อธิบายเหตุการณ์ต่าง ๆ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง เนื่องจากคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการสื่อสารที่สามารถบ่งบอกถึงความเข้าใจแนวคิดหรือเนื้อหา โดยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายลักษณะของปรากฏการณ์ และต้องมีการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่สอดคล้องกับหลักฐานเชิงประจักษ์ การได้มาซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ การยืนยันข้อสรุปในการตอบคำถามหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

แนวคิดการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นแนวการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยการใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) การบวนการทางสังคม (กระบวนการกลุ่ม) และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถและความถนัด เน้นการบูรณาการความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ใช้หลากหลายวิธีการสอน หลากหลายแหล่งความรู้ สามารถพัฒนาปัญญาอย่างหลากหลาย คือ พหุปัญญา รวมทั้งเน้นการวัดผลอย่างหลากหลายวิธี อีก 2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 คือ สอนน้อยลงทำให้เรียนรู้ได้มากขึ้น (Teach Less, Learn More) หมายถึง ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายหรือครูคอยบอกเล่าให้น้อยลง แต่สนับสนุนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ส่วนอีกแนวคิดคือ การเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) โดยมุ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุด โดยผ่านการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติ คิด แก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม สรุปเป็นความรู้และสามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสม (ดิเรก วรรณเศียร, 2558)

จากแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดังกล่าวข้างต้น ดิเรก วรรณเศียร (2558) ได้บูรณาการแนวคิดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้วออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยมีองค์ประกอบดังนี้ M (Motivation) การสร้างแรงจูงใจ แรงบันดาลใจ ความสนใจ และความต้องการในการเรียนรู้ A (Active Learning) การเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือกระทำด้วยตนเอง ด้วยวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลาย เป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ C (Conclusion) นักเรียนสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิด สติ และภาษาของตนเอง R (Reporting) นักเรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการ และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม และ O (Obtain) นักเรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ทำการเผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว

ชุมชน และสังคมด้วยวิธีการ สื่อ หรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีความสำคัญต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดจากการตั้งคำถามแบบสร้างสรรค์จากความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และส่งเสริมกระบวนการทำงานกลุ่มทำให้นักเรียนเกิดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการใช้เทคโนโลยีอีกด้วย จากการศึกษาแนวคิดและการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เป็นการจัดการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้

จากสภาพปัญหาและหลักการดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ โรงเรียนอนุกุลนารี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางสำหรับครูในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model
2. เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุกุลนารี จำนวน 156 คน จาก 4 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุบาลนารี จำนวน 36 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่ประเมินนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

2.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหาวิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ทั้งหมดจำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

3.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

3.2 โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม

3.3 อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์

3.4 การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส

3.5 กลไกการหายใจ

3.6 ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ

4. ระยะเวลาในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ในเดือน ธันวาคม 2566 โดยใช้ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการมาจากแนวคิดการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด และสร้างความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) หมายถึง ขั้นที่ครูนำเสนอข้อมูลหรือสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน โดยนำเสนอผ่านคำพูด รูปภาพ หรือสื่อต่าง ๆ และครูตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยหรือมีความอยากรู้อยากเห็น นักเรียนช่วยกันระบุนข้อกล่าวอ้างและกำหนด

ประเด็นที่จะศึกษา ครูคอยตรวจสอบและให้คำแนะนำในการกำหนดประเด็นที่จะศึกษา เพื่อให้ นักเรียนกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้ชัดเจนและให้เข้ากับเนื้อหาที่จะเรียน

2. **ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning)** หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกัน ศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ รวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ตามประเด็นที่กำหนดไว้ ครูคอยให้คำแนะนำ ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ สัมภาษณ์ผู้รู้ และการ ปฏิบัติการทดลอง อีกทั้งคอยตรวจสอบว่าข้อมูลที่นักเรียนนำมาสอดคล้องกับประเด็นความรู้ที่กำหนด ไว้หรือไม่ เพื่อนำมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. **ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion)** หมายถึง ขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลทั้งหมด ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาจัดกระทำข้อมูลใหม่ผ่านการพูดคุยกันภายในกลุ่ม พร้อมทั้งบันทึกลงใน ใบกิจกรรม โดยอาจเขียนเป็นแผนผังความคิด เขียนบรรยาย หรือวาดภาพ เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการ อธิบายความเชื่อมโยงของข้อมูล

4. **ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting)** หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ผ่านการจัด กระทำแล้วมานำเสนอเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลสนับสนุน ครูคอยอำนวยความสะดวกในการนำเสนอของนักเรียนและตรวจสอบการให้เหตุผลสนับสนุนของนักเรียนว่ามีการ เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างหรือไม่

5. **ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)** หมายถึง ขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากเรื่องที่ศึกษาไป ประยุกต์ใช้และเผยแพร่ความรู้ไปยังครอบครัว ชุมชน และสังคม โดยเผยแพร่ผ่านสื่อสังคมออนไลน์

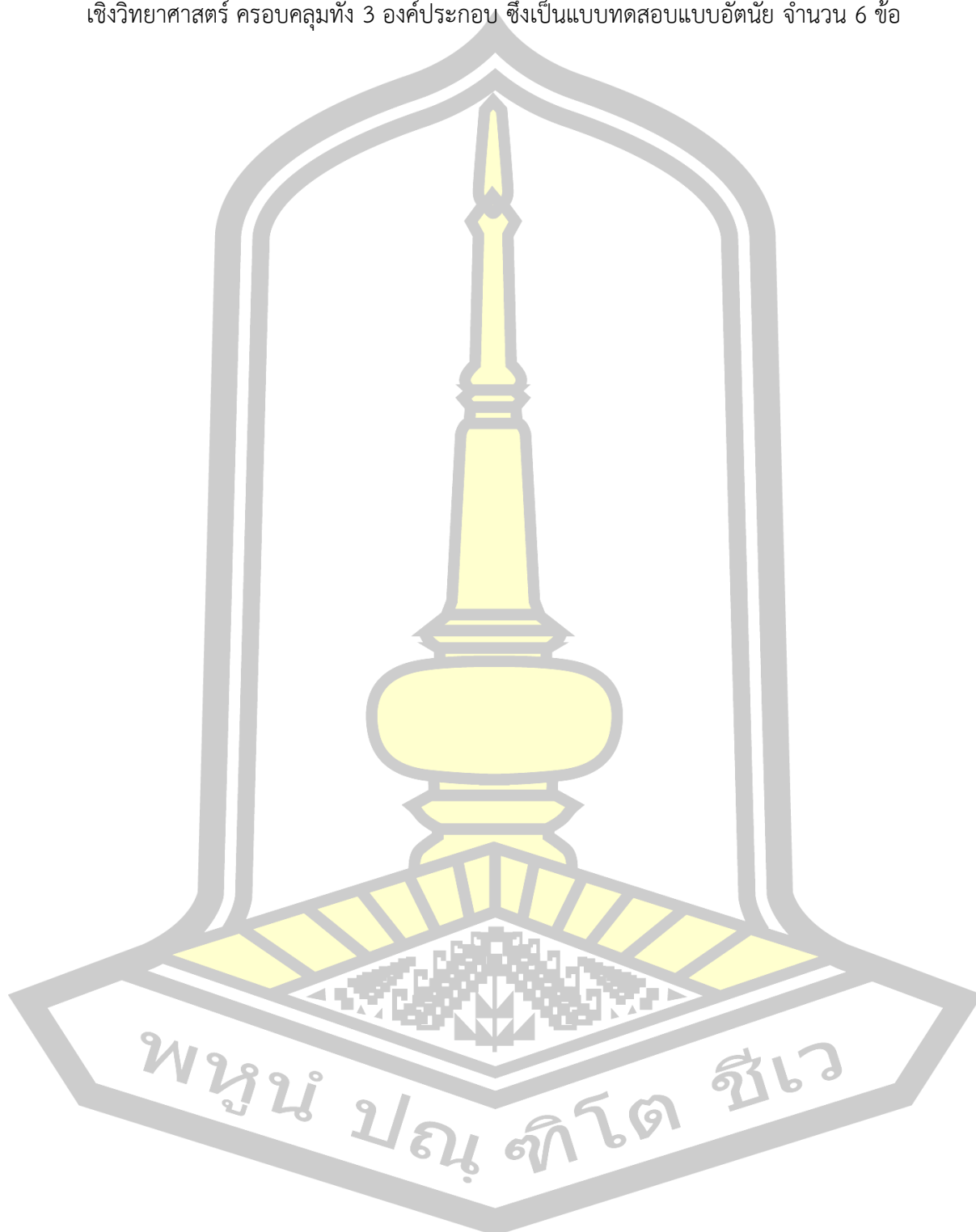
ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง ค่าตัวเลขที่ บอกถึงประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น เพื่อเน้นการปรับเปลี่ยนความสามารถใน การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 ดังนี้

75 ตัวแรก (E_1) คือ ประสิทธิภาพด้านกระบวนการที่ได้จากการประเมินนักเรียนจากใบ กิจกรรมและแบบทดสอบย่อยในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ในอัตราส่วน 60:40 ตามลำดับ ซึ่งจะต้อง ได้ค่าเฉลี่ยของคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

75 ตัวหลัง (E_2) คือ ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งได้ จากคะแนนการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะต้องได้ค่าเฉลี่ย ของคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียน ในการนำกฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยอยู่ บนพื้นฐานของการให้เหตุผลและเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006) ซึ่งมีอยู่ 3 องค์ประกอบ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน

(Evidence) 3) การให้เหตุผล (Reasoning) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
เชิงวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ



บทที่ 2

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยสรุปเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. กิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model
3. ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน
4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
5. การวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติ ที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นนักเรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

1. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
2. เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ
3. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น
4. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้
5. เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

6. เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตาม อัยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบ การศึกษาขั้นพื้นฐาน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

1. มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและ ปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจ พอเพียง
2. มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมี ทักษะชีวิต
3. มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุนทรีย์ และรักการออกกำลังกาย
4. มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและ การปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข
5. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนา สิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่าง มีความสุข

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานการ เรียนรู้ ซึ่งการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดนั้น จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะ สำคัญ 5 ประการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมใน การใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจา ต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อ ตนเองและสังคม
2. ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การ คิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจ ความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มา ใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสม และมีคุณธรรม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ดังนี้

1. รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. ซื่อสัตย์สุจริต
3. มีวินัย
4. ใฝ่เรียนรู้
5. อยู่อย่างพอเพียง
6. มุ่งมั่นในการทำงาน
7. รักความเป็นไทย
8. มีจิตสาธารณะ

เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอดวิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้ 4 สาระสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการทำการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1. เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานสมดุลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัมและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้ง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยน

พลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยาง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส อุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์ อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

คุณภาพนักเรียน

นักเรียนที่เรียนครบทุกผลการเรียนรู้ มีคุณภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

1. เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์และการหายใจระดับเซลล์

2. เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เจื้อนไขของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิต กลุ่มแบคทีเรีย โปรทิสต์ พืช ฟังไจ และสัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่และวิธีการเขียน ชื่อวิทยาศาสตร์

3. เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร การลำเลียงอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้และการตอบสนองของพืช

4. เข้าใจกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ได้แก่ การย่อยอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การเคลื่อนที่ การกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก ระบบสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญเติบโต ฮอรโมน และพฤติกรรมของสัตว์

5. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

6. เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

7. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า

8. เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

9. เข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัมและการดล กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

10. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี

11. เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทาน และกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

12. เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดันในของไหล แรงพยุงของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัยด้านฟิสิกส์อนุภาค

13. เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีสัณฐานและธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนกชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่งปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

14. เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงานจากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลางและแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำและการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศและการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้องปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ

15. เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาดอนุภาคของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้างและองค์ประกอบของกาแล็กซี

ทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และการสร้างพลังงานของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ วิวัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบิรวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติ และการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจอวกาศและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

16. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

17. ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้อง ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

18. วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

19. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

20. แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคม และสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

21. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

22. ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

23. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

คำอธิบายรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 4

ศึกษาโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์ และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ การกินอาหารของไฮดรา และพลาเนเรีย ระบบย่อยอาหารของมนุษย์ โครงสร้างการหายใจของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ โครงสร้างระบบขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต ขบวนการลำเลียงสารเข้า-ออกจากเซลล์ร่างกาย โครงสร้างหน้าที่ของระบบการลำเลียงสารในร่างกาย ส่วนประกอบของเลือด หมู่เลือด อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh โครงสร้างหน้าที่และกลไกการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันโรคของมนุษย์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การสังเกต การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อเกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรมคุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหาร สัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์
2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลาเนเรีย
3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม
6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการ แลกเปลี่ยนแก๊ส และกระบวนการแลกเปลี่ยน แก๊สของมนุษย์
7. อธิบายการทำงานของปอด และหลอดวัด ปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์
8. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด
9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือด และการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด
10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์
11. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ทิศทางการไหลของเลือดผ่านหัวใจของมนุษย์และเขียนแผนผังสรุปการหมุนเวียนเลือดของมนุษย์
12. สืบค้นข้อมูล ระบุความแตกต่างของเซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เพลตเลต และพลาสมา
13. อธิบายหมู่เลือดและหลักการให้และรับเลือดในระบบ ABO และระบบ Rh
14. อธิบาย และสรุปเกี่ยวกับส่วนประกอบและหน้าที่ของน้ำเหลือง รวมทั้งโครงสร้างและ หน้าที่ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง
15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ
16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ การสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา
17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอ็ดส์ ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง
18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกายของฟองน้ำ ไฮดรา พลานาเรีย
19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และ โครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจากร่างกาย
20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย และเขียน แผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดยหน่วยไต
21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับความผิดปกติของไตอันเนื่องมาจากโรคต่าง

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 4 และได้กำหนดผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมงเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ดังปรากฏตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

หน่วย ที่	สาระ ชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
13	4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต ออร์โมนกับการรักษาสมดุลภาพและพฤติกรรมของสัตว์	1. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างและกระบวนการย่อยอาหารของสัตว์ที่ไม่มีทางเดินอาหารสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์และสัตว์ที่มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ 2. สังเกต อธิบาย การกินอาหารของไฮดรา และพลาเนเรีย 3. อธิบายเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่และกระบวนการย่อยอาหาร และการดูดซึมสารอาหารภายในระบบย่อยอาหารของมนุษย์	-รา มีการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารนอกเซลล์ส่วนอะมีบา และพารามีเซียมมีการย่อยอาหารภายในพุดแควโอล โดยเอนไซม์ในไลโซโซม -ฟองน้ำ ไม่มีทางเดินอาหารแต่จะมีเซลล์พิเศษทำหน้าที่จับอาหารเข้าสู่เซลล์แล้วย่อยภายในเซลล์โดยเอนไซม์ในไลโซโซม -ไฮดราและพลาเนเรีย มีทางเดินอาหารแบบไม่สมบูรณ์จะกินอาหารและขับกากอาหารออกทางเดียวกัน -ไส้เดือนดิน แมลง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ และสัตว์มีกระดูกสันหลังจะมีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ -การย่อยอาหารของมนุษย์ประกอบด้วย การย่อยเชิงกล โดยการบดอาหารให้มีขนาดเล็กลง และการย่อยทางเคมี โดยอาศัยเอนไซม์ในทางเดินอาหาร ทำให้โมเลกุลของอาหารมีขนาดเล็กจนเซลล์สามารถดูดซึมและนำไปใช้ได้ -การย่อยอาหารของมนุษย์เกิดขึ้นที่ช่องปาก กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็ก -สารอาหารที่ย่อยแล้ว วิตามินบาง	11

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วยที่	สาระชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
	รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		ชนิด และธาตุอาหารจะถูกดูดซึมที่วิลลัสเข้าสู่หลอดเลือดฝอย แล้วผ่านตับก่อนเข้าสู่หัวใจ ส่วนสารอาหารประเภทลิพิดและวิตามินที่ละลายในไขมัน จะถูกดูดซึมเข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย -อาหารที่ไม่ถูกย่อยหรือย่อยไม่ได้ จะเคลื่อนต่อไปยังลำไส้ใหญ่ น้ำธาตุอาหาร และวิตามินบางส่วนดูดซึมเข้าสู่ผนังลำไส้ใหญ่ ที่เหลือเป็นกากอาหารจะถูกกำจัดออกทางทวารหนัก	
14	4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์	4. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก 5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 6. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ 7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	-ไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณ ผิวหนังที่เปียกชื้น -แมลงมีการแลกเปลี่ยนแก๊สโดยผ่านทางท่อลม ซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอย -ปลาเป็นสัตว์น้ำมีการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก -สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้ปอดและผิวหนังในการแลกเปลี่ยนแก๊ส -สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอาศัยปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส -ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย ช่องจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม และถุงลมในปอด -ปอดเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์	9

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วย ที่	สาระ ชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
	และการเจริญเติบโตของสัตว์และการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		ของเนื้อเยื่อต่าง ๆ มีการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยการแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยเช่นกัน -การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอด โดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครง และควบคุมโดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลา ออบลองกาตา	
15	4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจ และการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสาร และการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่และการสืบพันธุ์และการ	8. สืบค้นข้อมูล อธิบายและเปรียบเทียบระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดและระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด 9. สังเกต และอธิบายทิศทางการไหลของเลือด และการเคลื่อนที่ของเซลล์เม็ดเลือดในทางปลา และสรุปความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของหลอดเลือดกับความเร็วในการไหลของเลือด 10. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของหัวใจ และหลอดเลือดในมนุษย์ 11. สังเกต และอธิบายโครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ทิศทางการไหลของเลือด	-สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายไม่ซับซ้อนมีการลำเลียงสารต่าง ๆ โดยการแพร่ระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อม -สัตว์ที่มีโครงสร้างร่างกายซับซ้อนจะมีการลำเลียงสารโดยระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งประกอบด้วยหัวใจ หลอดเลือดและเลือด -ระบบหมุนเวียนเลือดมี 2 แบบ คือ ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิด และระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิด -ระบบหมุนเวียนเลือดแบบเปิดพบในสัตว์จำพวก หอย แมลง กุ้ง ส่วนระบบหมุนเวียนเลือดแบบปิดพบในไส้เดือนดินและสัตว์มีกระดูกสันหลัง -ระบบหมุนเวียนเลือดของมนุษย์ประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด ซึ่งเลือดไหลเวียนอยู่เฉพาะในหลอดเลือด	14

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วย ที่	สาระ ชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
	เจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษา ดุลยภาพ และ พฤติกรรม ของสัตว์ รวมทั้งนำ ความรู้ไปใช้ ประโยชน์	ผ่านหัวใจของมนุษย์ และเขียนแผนผังสรุป การหมุนเวียนเลือด ของมนุษย์ 12. สืบค้นข้อมูล ระบุ ความแตกต่างของ เซลล์เม็ดเลือดแดง เซลล์เม็ดเลือดขาว เกล็ดเลือด และ พลาสมา 13. อธิบายหมู่เลือด และหลักการให้และรับ เลือดในระบบ ABO และระบบ Rh 14. อธิบาย และสรุป เกี่ยวกับส่วนประกอบ และหน้าที่ของ น้ำเหลือง รวมทั้ง โครงสร้างและ หน้าที่ ของหลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง	-หัวใจมีเอเตรียมทำหน้าที่รับเลือดเข้าสู่ หัวใจ และ เวนทริเคิลทำหน้าที่สูบฉีด เลือดออกจากหัวใจ โดยมีลิ้นกั้น ระหว่างเอเตรียมกับเวนทริเคิล และ ระหว่างเวนทริเคิลกับหลอดเลือดที่นำ เลือดออกจากหัวใจ -เลือดออกจากหัวใจทางหลอดเลือดเอ อটার อาร์เทอเรียร์เทอริโอล หลอด เลือดฝอย เวนูล เวน และเวนาคาวา แล้วเข้าสู่หัวใจ -ขณะที่หัวใจบีบตัวสูบฉีดเลือด ทำให้ เกิดความดันเลือดและชีพจร สภาพการ ทำงานของร่างกาย อายุและเพศของ มนุษย์เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความดัน เลือดและชีพจร -เลือดมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์เม็ด เลือดชนิดต่างๆ เกล็ดเลือด และ พลาสมา ซึ่งทำหน้าที่แตกต่างกัน -หมู่เลือดของมนุษย์จำแนกตามระบบ ABO ได้เป็น เลือดหมู่ A B AB และ O ซึ่งเรียกชื่อตามชนิดของแอนติเจนที่เยื่อ หุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง และจำแนกตาม ระบบ Rh ได้เป็นเลือดหมู่ Rh ⁺ และ Rh การให้และรับเลือดมีหลักการว่า แอนติเจนของผู้ให้ต้องไม่ตรงกับ แอนติบอดีของผู้รับ และการให้และรับ เลือดที่เหมาะสมที่สุดคือ ผู้ให้และผู้รับ ควรมีเลือดหมู่ตรงกัน -ของเหลวที่ซึมผ่านผนังหลอดเลือด ฝอยออกมาอยู่ระหว่างเซลล์เรียกว่า น้ำเหลือง ทำหน้าที่หล่อเลี้ยงเซลล์และ สามารถแพร่เข้าสู่หลอดน้ำเหลืองฝอย	

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วย ที่	สาระ ชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
			ซึ่งต่อมาหลอดน้ำเหลืองฝอยจะรวมกัน มีขนาดใหญ่ขึ้นและเปิดเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือดที่หลอดเลือดเวนใกล้หัวใจ -ระบบน้ำเหลืองประกอบด้วย น้ำเหลือง หลอดน้ำเหลือง และต่อมน้ำเหลือง โดยทำหน้าที่นำน้ำเหลืองกลับเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด ต่อมน้ำเหลืองเป็นที่อยู่ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ทำหน้าที่ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่ลำเลียงมากับน้ำเหลือง	
16	4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง	15. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบกลไกการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอม แบบไม่จำเพาะและแบบจำเพาะ 16. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบการสร้างภูมิคุ้มกันก่อเองและภูมิคุ้มกันรับมา 17. สืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันที่ทำให้เกิดเอดส์ภูมิแพ้ การสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อตนเอง	-กลไกที่ร่างกายต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบจำเพาะและแบบไม่จำเพาะ -ต่อมไขมัน ต่อมเหงื่อ ที่ผิวหนังช่วยป้องกันและ ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด และเมื่อเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิลและโมโนไซต์ จะมีการต่อต้านและทำลายสิ่งแปลกปลอม โดยกระบวนการฟาโกไซโทซิส ส่วนอีโอซิโนฟิลเกี่ยวข้องกับการทำลายปรสิตแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการแพ้ ซึ่งเป็นการต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบไม่จำเพาะ -การต่อต้านหรือทำลายสิ่งแปลกปลอมแบบจำเพาะจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของลิมโฟไซต์ชนิดเซลล์บีและเซลล์ที -อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและ	12

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วยที่	สาระชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
	เคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์		ตอบสนองของลิโพโซต์ประกอบด้วย ต่อมน้ำเหลือง ทอนซิล ม้าม ไทมัส และเนื้อเยื่อน้ำเหลืองที่ผนังลำไส้เล็ก -การสร้างภูมิคุ้มกันแบบจำเพาะของร่างกาย มี 2 แบบ คือ ภูมิคุ้มกันก่อเอง และภูมิคุ้มกันรับมา -การได้รับวัคซีนหรือทอกซอยด์เป็นตัวอย่างของ ภูมิคุ้มกันก่อเอง โดยการกระตุ้นให้ร่างกายสร้างภูมิคุ้มกันขึ้น ด้วยวิธีการให้สารที่เป็นแอนติเจนเข้าสู่ร่างกาย ส่วนภูมิคุ้มกันรับมาเป็นการรับแอนติบอดีโดยตรง เช่น การได้รับซีรัม การได้รับน้ำนมแม่ -เอดส์ภูมิแพ้และการสร้างภูมิต้านทานต่อเนื้อเยื่อ ตนเอง เป็นตัวอย่างของอาการที่เกิดจากระบบ ภูมิคุ้มกันของร่างกายที่ทำงานผิดปกติ -อะมีบา และพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีคอนแทรกไทล์แวคิวโอลทำหน้าที่ในการกำจัด และรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในเซลล์ -ฟองน้ำและไฮดรามีเซลล์ส่วนใหญ่สัมผัสกับน้ำ โดยตรง ของเสียจึงถูกกำจัดออกโดยการแพร่สู่สภาพแวดล้อม -พลาเนเรียใช้แฟลมเซลล์ซึ่งกระจายอยู่ 2 ข้างตลอดความยาวของลำตัวทำหน้าที่ขับถ่ายของเสีย -ไส้เดือนดินใช้เนฟริเดียม แผลงไข่มลพิษ	

ตารางที่ 1 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 (ต่อ)

หน่วย ที่	สาระชีววิทยา	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
17	4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	18. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างและหน้าที่ในการกำจัดของเสีย ออกจากร่างกายของพองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง 19. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของไต และ โครงสร้างที่ใช้ลำเลียงปัสสาวะออกจาก ร่างกาย 20. อธิบายกลไกการทำงานของหน่วยไต ในการกำจัดของเสีย ออกจากร่างกาย และเขียน แผนผังสรุปขั้นตอนการกำจัดของเสียออกจากร่างกายโดย หน่วยไต 21. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และ ยกตัวอย่างเกี่ยวกับ ความผิดปกติของไต อันเนื่องมาจากโรคต่าง ๆ	เกียนทิวบูล และสัตว์มีกระดูกสันหลัง ใช้ไตในการขับถ่ายของเสีย -ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการขับถ่าย และรักษาคุณภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกาย -ไตประกอบด้วยบริเวณส่วนนอกที่เรียกว่า คอร์เท็กซ์และบริเวณส่วนในที่เรียกว่า เมดัลลา และบริเวณส่วนปลายของเมดัลลาคายื่นเข้าไปจรดกับส่วนที่เป็นโพรงเรียกว่า กรวยไต โดยกรวยไตจะต่อกับท่อไตซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงปัสสาวะไปเก็บไว้ที่กระเพาะปัสสาวะเพื่อขับถ่ายออกนอกร่างกาย -ไตแต่ละข้างของมนุษย์ประกอบด้วยหน่วยไต ลักษณะเป็นท่อปลายข้างหนึ่งเป็นรูปถ้วยเรียกว่า โบริแมนส์แคปซูล ล้อมรอบกลุ่มหลอดเลือดฝอยที่เรียกว่า โกลเมอรูลัส -กลไกในการกำจัดของเสียออกจากร่างกาย ประกอบด้วย การกรอง การดูดกลับ และการหลั่งสารที่เกินความต้องการออกจากร่างกาย -โรคนี้่วและโรคไตวายเป็นตัวอย่างของโรคที่เกิดจากความผิดปกติของไต ซึ่งส่งผลกระทบต่อการรักษาคุณภาพของสารในร่างกาย -นอกจากไตที่ทำหน้าที่รักษาคุณภาพของน้ำแร่ธาตุ และกรด-เบส ผิวหนังและระบบหายใจ ยังมีส่วนช่วยในการรักษาคุณภาพเหล่านี้นด้วย	15
รวมทั้งหมด				60

จากการวิเคราะห์เนื้อหาและผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกหน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เนื่องจากผู้วิจัยได้พิจารณาความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาที่ใช้สอนกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ดิเรก วรรณเศียร (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มีองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังนี้ M Motivation การสร้างแรงจูงใจ แรงบันดาลใจ ความสนใจ และความต้องการในการเรียนรู้ A Active Learning การเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือกระทำด้วยตนเอง ด้วยวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลายจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่หลากหลายเป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ C Conclusion นักเรียนสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิดลีลา และภาษาของตนเอง R Reporting นักเรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม O Obtain นักเรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ ทำการเผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว ชุมชน และสังคมด้วยวิธีการ สื่อ หรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ธนพร เลิศโพธิ์วัฒนา (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง แนวคิดการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 ที่การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่ มีการใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) กระบวนการสังคม (กระบวนการกลุ่ม) และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียน โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ คือ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) 4) ขั้นรายงานผลและนำเสนอ (Reporting) และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)

พิกรี กีไร (2561) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยมีแนวคิดมาจากการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) 4) ขั้นรายงานผลและนำเสนอ (Reporting) และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง การจัดการเรียนรู้บูรณาการจากแนวคิดการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ คือการให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เพื่อเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความสนใจด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองและสามารถทำงานกับส่วนรวมได้ โดยครูมี

หน้าที่ในการอำนวยความสะดวกในการให้ความช่วยเหลือและใช้สื่อต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ที่เหมาะสม ร่วมกับการเรียนรู้แบบลงมือทำ (Active Learning) โดยมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) 4) ขั้นรายงานผลและนำเสนอ (Reporting) และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)

อรุณรัชต์ สาภ (2563) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ โดยครูจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้บรรยายให้นักเรียนฟังมาใช้วิธีการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองมากกว่าการนั่งฟังบรรยายตลอดบทเรียน โดยการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 มีองค์ประกอบ ดังนี้ M (Motivation) การสร้างแรงจูงใจ แรงบันดาลใจ ความสนใจ และความต้องการในการเรียนรู้ A (Active Learning) การเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรง จากการลงมือกระทำด้วยตนเองด้วยวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆที่หลากหลาย เป็นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ C (Conclusion) นักเรียนสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิด ถิลา และภาษาของตนเอง R (Reporting) นักเรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการและเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม O (Obtain) นักเรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ ทำการเผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว ชุมชน และ สังคมด้วยวิธีการ สื่อ หรือเทคโนโลยีที่เหมาะสม

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการมาจากแนวคิดการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด และสร้างความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

2. แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ดิเรก วรณเศียร (2558) กล่าวว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model คือ การเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นแนวการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ใหม่และสิ่งประดิษฐ์ใหม่โดยใช้กระบวนการทางปัญญา (กระบวนการคิด) กระบวนการทางสังคม (กระบวนการกลุ่ม) และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน การจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญต้องจัดให้สอดคล้องกับความสนใจ ความสามารถและความถนัด เน้นการบูรณาการความรู้ในศาสตร์สาขาต่าง ๆ ใช้หลากหลายวิธีการสอน หลากหลายแหล่งเรียนรู้ สามารถพัฒนาปัญญาอย่างหลากหลายคือ พหุปัญญา รวมทั้ง

เน้นการวัดผลอย่างหลากหลายวิธี อีก 2 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 คือ สอนน้อยลงทำให้เรียนรู้ได้มากขึ้น (Teach Less, Learn More) หมายถึง ครูใช้วิธีสอนแบบบรรยายหรือครูคอยบอกเล่าให้น้อยลง แต่สนับสนุนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ส่วนอีกแนวคิดคือการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) โดยมุ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ด้วยตนเองมากที่สุด โดยผ่านการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ลงมือปฏิบัติ คิด แก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม สรุปเป็นความรู้และสามารถนำเสนอได้อย่างเหมาะสม

ฟิกรี กิโร (2561) กล่าวว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model คือ การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพราะมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด การตั้งคำถาม และเปลี่ยนการเรียนรู้แบบรับฟังอย่างเดียวเป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์ต่าง ๆ และสิ่งแวดล้อม นักเรียนสามารถตกผลึกความรู้เป็นของตนเองได้ อีกทั้งความรู้ที่ได้ยังมีการกระตุ้นให้นักเรียนนำไปใช้และเผยแพร่ ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนานวัตกรรมต่อไป โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model คือ การจัดการเรียนรู้บูรณาการจากแนวคิดการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ คือ การให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เพื่อเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความสนใจด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเองและสามารถทำงานกับส่วนรวมได้ โดยครูมีหน้าที่อำนวยความสะดวกในการให้ความช่วยเหลือและใช้สื่อต่าง ๆ ให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ที่เหมาะสมร่วมกับการเรียนรู้แบบลงมือทำ (Active Learning)

มนัสนันท์ พิกแก้ว (2563) กล่าวว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model คือ รูปแบบการเรียนรู้ที่เปลี่ยนบทบาทครูมาเป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และการใช้เทคโนโลยี

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model คือ การจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด การตั้งคำถาม และสร้างความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ และครูคอยอำนวยความสะดวก แนะนำ และสนับสนุนให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น

3. ความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ดิเรก วรรณเศียร (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีความสำคัญต่อนักเรียนดังนี้

1. ฝึกให้นักเรียนกล้าตั้งคำถาม กล้าคิด กล้าตัดสินใจ กล้าแสดงออก เปลี่ยนการเรียนรู้จากแบบรับฟังอย่างเดียว (Passive) เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Active) การตั้งคำถามเพราะเกิดข้อสงสัย เป็นจุดเริ่มต้นของ Lifelong Learning ถามแบบสร้างสรรค์ก่อให้เกิดประโยชน์ เป็นการตั้งต้นหาคำตอบอย่างถูกวิธี ช่วยให้ได้มีความสนใจใฝ่รู้ เป็นการเรียนรู้และแก้ปัญหา

2. การเรียนรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นการสอนให้สามารถสืบค้นความรู้ที่มีมากมายในโลก ตามแนวคิดของปราชญ์ชาวจีนที่ว่า สอนชาวบ้านหาปลา ดีกว่าเอาปลาไปให้ชาวบ้าน ทำให้นักเรียนมีทักษะในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3. การสรุปความรู้ เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ความรู้ที่ตกผลึกเป็นของตนเอง เป็นความรู้ใหม่ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่ถูกต้อง นักเรียนจะจดจำความรู้นี้ได้ยาวนาน

4. ก่อนสรุปองค์ความรู้ ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายกันดูเหตุผลที่มีเหตุผลรองรับก่อนสรุป ซึ่งจะเป็นการส่งเสริมทักษะการทำงานเป็นทีม ความร่วมมือและวิถีชีวิตตามระบอบประชาธิปไตย ฝึกความเป็นผู้นำ ส่งเสริมคุณธรรมจริยธรรม

5. การสื่อสารและนำเสนอ เป็นสมรรถนะสำคัญในระดับสากลทำให้นักเรียนได้มีพัฒนาการทางด้านภาษาและมีความสามารถในการนำเสนอ มีทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

6. ความรู้ที่นำไปใช้และเผยแพร่ เป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนานวัตกรรมเพื่อใช้ในการพัฒนาประเทศต่อไป

พงษ์ลักษณ์ สิบแก้ว (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนตามรูปแบบ MACRO Model ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความใฝ่ที่จะพัฒนากระบวนการสืบค้นหาความรู้ มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นและเชื่อมโยงความรู้เป็นผังมโนทัศน์สร้างเป็นองค์ความรู้ที่สูงขึ้น รวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันและเผยแพร่สู่สาธารณะได้

ดลชัย อินทรโกสม (2564) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีความสำคัญต่อนักเรียนดังนี้

1. นักเรียนเกิดความกล้าแสดงออก กล้าตั้งคำถาม กล้าคิด กล้าตัดสินใจ โดยเปลี่ยนการเรียนรู้ผ่านการฟังเพียงอย่างเดียว (Passive Learning) เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Active Learning) ซึ่งการตั้งคำถามหรือข้อสงสัยเกิดนั้นเป็นจุดเริ่มต้นในการเรียนรู้ระยะยาว หรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Long Life Learning) การถามแบบสร้างสรรค์จะก่อให้เกิดประโยชน์ เป็นการตั้งประเด็นในการหาคำตอบอย่างถูกวิธี กระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง เป็นการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างแท้จริง

2. การเรียนรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นการสอนให้สามารถสืบค้นความรู้เพื่อหาข้อยุติได้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติ

3. การสรุปความรู้ เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนได้ความรู้ที่ตกผลึกเป็นของนักเรียนเอง เป็นความรู้ใหม่ที่ผ่านกระบวนการการเรียนรู้ที่ถูกต้อง นักเรียนสามารถจดจำความรู้นั้นได้อย่างคงทน

4. ก่อนสรุปองค์ความรู้ ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกัน ดูเหตุผลที่มีแนวคิด ทฤษฎีรองรับก่อนสรุป ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการกลุ่ม การทำงานเป็นทีม ความร่วมมือ และการดำเนินชีวิตตามระบอบประชาธิปไตย ฝึกความเป็นผู้นำและผู้ตาม อีกทั้งส่งเสริมและปลูกฝังให้นักเรียนเกิดคุณธรรมและจริยธรรม

5. การสื่อสารและการนำเสนอ เป็นสมรรถนะสำคัญอย่างหนึ่งในระดับสากล ทำให้นักเรียนได้มีการพัฒนาทักษะทางภาษา และมีความสามารถในการสื่อสาร การใช้เทคโนโลยี

6. ความรู้ที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง และการเผยแพร่ความรู้ นั้น เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีการพัฒนานวัตกรรมเพื่อให้เกิดประโยชน์ในระดับสังคมที่สูงขึ้น

จากการศึกษาความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีความสำคัญต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากสามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดจากการตั้งคำถามแบบสร้างสรรค์จากความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ และส่งเสริมกระบวนการทำงานกลุ่มทำให้นักเรียนเกิดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นและทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการใช้เทคโนโลยีอีกด้วย

4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

ดิเรก วรรณเศียร (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีแนวทางดังนี้

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) ครูร่วมมือกับนักเรียนในการกำหนดหรือตั้งประเด็นความรู้หรือหัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแผนที่ยึดโยงกับหลักสูตร เป็นขั้นที่นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้บทเรียน ครูสามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ในการนำเข้าสู่บทเรียนและการเรียนรู้ เช่น การเล่าเรื่องต่าง ๆ ให้นักเรียนซักถามหรือตั้งคำถาม การฉายภาพนิ่งให้นักเรียนชมและติดตาม การชวนสนทนา การกระตุ้นความสนใจด้วยเกม เพลง ภาพ การอ่าน/ฟังข่าวจากหนังสือพิมพ์ เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนตั้งประเด็นที่ต้องการรู้ จุดที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือการตั้งประเด็นอภิปราย การใช้คำถามสร้างพลังความคิด การกำหนดหรือการตั้งประเด็นความรู้หรือหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไป และให้นักเรียนได้เล็งเห็นประโยชน์ที่จะได้รับจากการเรียนรู้หรือเกิดแรงบันดาลใจ

2. ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) ในการสอนครั้งแรก ครูควรให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แนวทางการสืบค้นความรู้เพื่อให้ได้

ความรู้ที่ต้องการ ส่วนที่ 2 ศาสตร์ สาขา แขนงความรู้ และแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 การเรียบเรียงข้อมูล ข้อค้นพบ ความคิด ความคิดเห็น การให้เหตุผลโต้แย้งและสนับสนุน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงกระบวนการสร้างองค์ความรู้ ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูควรมีเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การอภิปรายกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การระดมพลังความคิด การเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์จำลอง โดยเน้นกระบวนการคิดซึ่งเป็นหัวใจของขั้นตอนการเรียนรู้ นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าตามประเด็นความรู้หรือหัวข้อที่ตกลงกัน ครูจะกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมเพื่อสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยใช้วิธีการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ สัมภาษณ์ผู้รู้ ปฏิบัติการค้นหา (ทดลอง สืบเสาะ สังเกต สืบสวน) ร่วมมือเพื่อเขียนคำอธิบาย แบ่งงานความรับผิดชอบภายในกลุ่ม โดยแหล่งเรียนรู้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

3. ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) นักเรียนนำผลการอภิปรายและสาธิตที่เป็นผลจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันมากำหนดเป็นความคิดใหม่หรือความรู้ใหม่ โดยใช้วิธีการเขียนด้วยแผนผังความคิด เขียนโครงงาน/โครงการ เขียนบรรยาย/เขียนรายงาน จัดบันทึก วาดภาพ เป็นต้น ในขั้นตอนนี้ครูสามารถประเมินความรู้และความคิดใหม่ของนักเรียน โดยใช้วิธีการอภิปราย ตรวจสอบผลงาน สอบถามความคิดของกลุ่ม ทดสอบความรู้

4. ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting) ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสแสดงผลงานการสร้างความรู้ของตนเองให้ผู้อื่นรับรู้ เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ต่อยอดหรือตรวจสอบความเข้าใจของตน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ แต่หากต้องมีการปฏิบัติตามความรู้ที่ได้ ขั้นนี้จะเป็นขั้นปฏิบัติและมีการแสดงผลงานที่ได้ปฏิบัติด้วย ในขั้นนี้นักเรียนสามารถแสดงผลงานด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดนิทรรศการ การอภิปราย การแสดงบทบาทสมมติ เรียงความ วาดภาพ การนำเสนอด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ และอาจจัดให้มีการประเมินผลงานโดยมีเกณฑ์ที่เหมาะสม

5. ขั้นการเผยแพร่ความรู้ (Obtain) เป็นขั้นของการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ความเข้าใจของตนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย เพิ่มความชำนาญความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหาและความจำในเรื่องนั้น ๆ เป็นการให้โอกาสให้นักเรียนใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ หลักจากประยุกต์ใช้ความรู้ ควรทำการเผยแพร่ความรู้ไปยังครอบครัว ชุมชน และสังคม หรือแม้แต่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์ โดยการเผยแพร่อาจจัดทำเป็นเอกสาร จัดป้ายนิเทศ จัดกิจกรรม หรือการเผยแพร่ผ่านสื่อสังคมออนไลน์ เช่น Websites Facebook Line Youtube หรือสื่อและวิธีการอื่น ๆ

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) ครูร่วมมือกับนักเรียนในการกำหนดหรือตั้งประเด็นความรู้ หรือหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแผนที่สอดคล้องกับหลักสูตรเป็นขั้นที่นักเรียนจะ

รับรู้ถึงจุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้บทเรียน ครูสามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ในการนำเข้าสู่บทเรียนและการเรียนรู้ เช่น การเล่าเรื่องต่าง ๆ ให้นักเรียนซักถาม หรือตั้งคำถาม การฉายภาพนิ่ง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนตั้งประเด็นที่ต้องการรู้ และมีการใช้คำถามสร้างพลังความคิด การกำหนด หรือการตั้งประเด็นความรู้ หรือหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้ในขั้นตอนต่อไป และให้นักเรียนได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่จะได้รับการเรียนรู้หรือเกิดแรงบันดาลใจในการเรียนรู้

2. ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) ในการสอนครั้งแรก ครูควรให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจถึงกระบวนการสร้างองค์ความรู้ในการจัดการเรียนรู้ โดยครูควรมีเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การอภิปรายกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การระดมพลังความคิด เป็นต้น โดยเน้นให้ผู้เรียนเกิดการศึกษาค้นคว้าตามประเด็นความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ

3. ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) นักเรียนนำผลการอภิปรายและสถิติที่เป็นผลจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันมากำหนดเป็นความคิดใหม่หรือความรู้ใหม่ ซึ่งสามารถเรียบเรียงโดยการเขียนด้วยแผนผังความคิด เขียนโครงงาน เขียน ฯลฯ

4. ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting) นักเรียนได้แสดงผลงานการสร้างความรู้ของตนให้ผู้อื่นรับรู้ เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ต่อยอดหรือตรวจสอบความเข้าใจของตน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์

5. ขั้นการเผยแพร่ความรู้ (Obtain) เป็นขั้นของการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ความเข้าใจของตนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย เพิ่มความชำนาญความเข้าใจ เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ และเผยแพร่ความรู้ไปยังครอบครัว ชุมชน และสังคม หรือแม้แต่ในเครือข่ายสังคมออนไลน์

รติมา บุษย์ศรีเจริญ (2565) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีขั้นตอนการสอน 5 ขั้นตอน ซึ่งแต่ละองค์ประกอบนั้นมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) หมายถึง การสร้างแรงจูงใจ สร้างแรงบันดาลใจ ความสนใจและความต้องการในการเรียนรู้ ขั้นนี้เป็นขั้นแรกของการเรียนรู้ตามแนวการสอนนี้ เป็นขั้นที่ครูจะต้องร่วมมือกับนักเรียนในการกำหนดและตั้งประเด็นการเรียนรู้ ในหัวข้อที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแผนที่ยึดโยงกับหลักสูตร นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้บทเรียน โดยครูสามารถเลือกใช้กิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การเล่าเรื่อง การศึกษาจากบทความหรือคำประพันธ์ หรือการชมวิดีโอที่สั้นต่าง ๆ เพื่อการนำเข้าสู่บทเรียนและการเรียนรู้ แล้วพยายามให้นักเรียนเกิดความสนใจ เกิดคำถามและข้อซักถามต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนตั้งประเด็นที่ต้องการรู้ และการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยกิจกรรม ซึ่งจุดที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือ การที่นักเรียนต้องสามารถตั้งประเด็นอภิปรายได้ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ในขั้นถัดไป

2. **ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning)** หมายถึง การเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสได้ความรู้โดยตรงจากการลงมือทำด้วยตนเองผ่านวิธีการเรียนรู้ที่หลากหลาย จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ โดยเน้นนักเรียนเป็นสำคัญ สำหรับการสอนในขั้นนี้ ครูควรให้ความรู้พื้นฐานกับนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 คือ แนวทางการสืบค้นความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ที่ต้องการ ส่วนที่ 2 คือ ศาสตร์ สาขา แขนงความรู้และแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้อง และส่วนที่ 3 คือ การเรียบเรียงข้อมูล ข้อค้นพบ ความคิดเห็น และการให้เหตุผลโต้แย้งและสนับสนุน เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจถึงกระบวนการสร้างองค์ความรู้ ในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้ง ซึ่งครูจำเป็นต้องมีเทคนิคในการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การอภิปรายกลุ่มเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การระดมสมอง และการใช้สถานการณ์จำลอง เป็นต้น โดยเน้นที่กระบวนการคิดเป็นหลัก นักเรียนจะศึกษาค้นคว้าตามประเด็นความรู้หรือหัวข้อที่ตกลงกัน โดยครูจะทำหน้าที่ในการกระตุ้นให้นักเรียนร่วมมือกันในการดำเนินกิจกรรมเพื่อสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม

3. **ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion)** หมายถึง การที่นักเรียนสามารถสรุปองค์ความรู้หรือสังเคราะห์สิ่งที่ได้เรียนรู้ตามความคิดและภาษาของตนเองได้ โดยขั้นนี้จะเป็นการที่นักเรียนจะนำผลการอภิปรายและสถิติที่เป็นผลจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน มากำหนดเป็นความคิดหรือองค์ความรู้ใหม่ และสรุปออกมาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การเขียนแผนผังโครงการ บทความ การทำรายงาน การบรรยาย หรือการสรุปองค์ความรู้ในรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งครูจะทำหน้าที่ในการประเมินองค์ความรู้ของนักเรียน เพื่อให้ทราบถึงองค์ความรู้และความสมบูรณ์ขององค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับ

4. **ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting)** หมายถึง การที่นักเรียนสื่อสารและนำเสนอผลการเรียนรู้ด้วยภาษา วิธีการ และเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสม ซึ่งเป็นขั้นของการช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสนำเสนอและแสดงผลงานที่ได้จากการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง เพื่อให้บุคคลอื่นได้รับรู้ ซึ่งเป็นการช่วยให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการนำเสนออีกด้วย

5. **ขั้นการเผยแพร่ความรู้ (Obtain)** หมายถึง การที่นักเรียนนำผลการเรียนรู้ที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ เผยแพร่ความรู้สู่ครอบครัว ชุมชน และสังคมต่าง ๆ ซึ่งขั้นนี้จะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ความเข้าใจของตนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความชำนาญความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหาและความจำในเรื่อนั้นมากยิ่งขึ้น โดยเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนในความรู้ให้เป็นประโยชน์ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งหลังจากนำองค์ความรู้มาประยุกต์ใช้แล้ว ก็ควรที่จะเผยแพร่องค์ความรู้ยังครอบครัว ชุมชน และสังคม หรืออาจเผยแพร่ผ่านเครือข่ายสังคมออนไลน์ก็ได้

จากการศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ตามแนวคิดของ ดิเรก วรรณเศียร (2558) โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active Learning) 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) 4) ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting) และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)

ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน

1. ความหมายของประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน

อุษารวรรณ ปาสียะ (2543) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน หมายถึง กระบวนการตรวจสอบ และพิจารณาคุณค่าของสื่ออย่างมีระบบก่อนนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

เพชฌัญญู กิจระการ (2544) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของสื่อการเรียนการสอน หมายถึง ความสามารถของบทเรียนในการสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวัง ประสิทธิภาพที่วัดออกมาจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการปฏิสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การทำแบบทดสอบเมื่อจบบทเรียน

วรวรรณ ศรีสงคราม (2544) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของสื่อ หมายถึง การตรวจสอบและหาข้อผิดพลาดในการผลิตสื่อ แล้วนำไปทดลองกับกลุ่มทดลองหลายครั้งจนได้คุณสมบัติของสื่อตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อการประกันคุณภาพของสื่อเรียกได้ว่ามีประสิทธิภาพคุ้มค่ากับการศึกษา

ชวลิต ชูกำแพง (2553) กล่าวว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้แล้วนำไปปรับปรุงเพื่อนำไปสอนจริงให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

จากการศึกษาความหมายของประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน สามารถสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการตรวจสอบ และพิจารณาคุณค่าของนวัตกรรมการเรียนการสอนอย่างมีระบบก่อนนำไปใช้งานจริงในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ

2. การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม

รัตนะ บัวสนธ์ (2554) กล่าวว่า การประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมเป็นการพิจารณาว่า เมื่อนำนวัตกรรมการศึกษาภายหลังผ่านการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่มีลักษณะภูมิหลังคล้ายคลึงใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมายแล้วผลจะเป็นประการใดโดยที่การประเมินประสิทธิภาพของนวัตกรรมมีลำดับขั้นตอนการประเมิน ดังนี้

1. การประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1 : 1) หมายถึง การนำนวัตกรรมไปทดลองใช้กับบุคคลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย โดยที่บุคคลดังกล่าวนี้จะคัดเลือกมาจากผู้ที่มีคุณลักษณะตัวแทนกลุ่มเป้าหมาย 3 คน ได้แก่ ผู้ที่คุณลักษณะสูง ปานกลาง และต่ำกว่าปานกลาง การทดลองใช้นวัตกรรมที่เรียกว่าการประเมินแบบหนึ่งต่อหนึ่งมีวัตถุประสงค์สำคัญเพื่อตรวจสอบว่านวัตกรรมนั้นมีความเกี่ยวข้องสร้างแรงจูงใจให้กับบุคคลที่มีลักษณะเป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมายเพียงไร คำสั่ง คำชี้แจง และรายละเอียดที่มีอยู่ในนวัตกรรมนั้นบุคคลเหล่านี้มีความรู้และความเข้าใจหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงนวัตกรรมให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป การประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งนั้นจึงมุ่งไปที่การค้นหาข้อจำกัดที่ได้จากคำแนะนำบอกเล่าของบุคคลที่มีคุณลักษณะเป็นตัวแทนของคุณลักษณะกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่เป็นสำคัญ เพื่อที่จะนำคำแนะนำที่ได้มานำปรับปรุงนวัตกรรมตามที่กล่าวนั้นเอง

2. การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก หมายถึง นำนวัตกรรมที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขจากการประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่งมาทดลองใช้กับกลุ่มบุคคลที่มีคุณลักษณะคล้ายกับกลุ่มเป้าหมายที่มีจำนวนมากขึ้น เช่น อาจจะใช้การประเมินแบบหนึ่งต่อสาม (1 : 3) หรือแบบหนึ่งต่อสี่ (1 : 4) ก็ได้ ซึ่งก็หมายถึงต้องใช้กลุ่มบุคคลจำนวน 9 คน แบ่งเป็นมีคุณลักษณะสูงกว่าปานกลาง 3 คน ปานกลาง 3 คน ต่ำกว่าปานกลาง 3 คน ในกรณีการประเมินแบบหนึ่งต่อสาม แต่ถ้าเป็นการประเมินแบบหนึ่งต่อสี่ก็ต้องใช้จำนวนกลุ่มบุคคลทั้งสิ้น 12 คน การประเมินประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็กนี้จะมีการวิเคราะห์หาค่าบ่งบอกดัชนีหรือเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่เรียกว่า ค่า E_1 / E_2 โดยที่เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1 / E_2) ของนวัตกรรมการศึกษาเท่าที่นิยมใช้จะมีสามเกณฑ์ได้แก่ 75/75 หรือ 80/80 และ 90/90 การจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพนวัตกรรมการศึกษาเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งจากสามเกณฑ์นี้ มีหลักพิจารณาว่าถ้านวัตกรรมการศึกษานั้น ๆ มุ่งแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาความสามารถของนักเรียนที่มีลักษณะซับซ้อนหรือมีเนื้อหาสาระค่อนข้างยากก็จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 แต่ถ้าเนื้อหาสาระไม่ยากมากนัก มุ่งแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาความสามารถของนักเรียนที่มีลักษณะปานกลางจะนิยมใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 80/80 มากที่สุด ในทำนองเดียวกัน ถ้าเป็นนวัตกรรมที่มีเนื้อหาสาระมุ่งปฏิบัติหรือมุ่งพัฒนาจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะการปฏิบัติ (Psychomotor Domain) จะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ 90/90 นอกจากจะใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพตามหลักการที่กล่าวแล้วสิ่งที่นำมาพิจารณาประกอบในการเลือกใช้เกณฑ์ก็คือ พื้นฐานความรู้เดิมหรือความสามารถทางการเรียนรู้ของกลุ่มผู้ได้รับการทดลองใช้และกลุ่มเป้าหมายด้วยเช่นกัน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพ (Developmental Testing) หมายถึง กระบวนการควบคุมและประกันคุณภาพ เพื่อให้แน่ใจว่าต้นแบบชิ้นงานของผลิตภัณฑ์และนวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพจริง ก่อนที่จะนำไปเผยแพร่หรือใช้จริง รวมถึงการผลิตสื่อและชุดการสอนที่เป็นต้นแบบชิ้นงานใหม่เช่นเดียวกัน จำเป็นที่ต้องผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ

ก่อนที่จะให้ครูนำไปใช้กับนักเรียน โดยดำเนินการตามกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ การทดลองใช้เบื้องต้น (Tryout) และการทดลองใช้จริง (Trial Run) ซึ่งมีวิธีการทดสอบประสิทธิภาพโดยการใช้สูตร E_1/E_2 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของกระบวนการ (Process- E_1) และทดสอบประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Product- E_2)

1. การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2. การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพและปรับปรุงจนได้คุณภาพถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนรู้ที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสาธน์ เนืองเฉลิม (2560) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนการสอนมีกระบวนการที่สำคัญอยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพตามวิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) และขั้นตอนการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach)

1. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล กระบวนการนี้เป็นการหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักของความรู้และเหตุผลในการตัดสินคุณค่าของนวัตกรรมการเรียนการสอน โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ (Panel of Experts) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่าซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ (Usability) ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจะนำมาหาประสิทธิภาพ ถ้าได้ค่าไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดจะต้องปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมการเรียนการสอนและนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาใหม่

2. วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ วิธีการนี้จะนำสื่อไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ แบบฝึกทักษะ ฯลฯ ส่วนมากใช้วิธีการหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่จะพิจารณาจากร้อยละของกระบวนการเรียนระหว่างเรียน โดยแสดงค่าเป็นตัวเลข 2 ตัว เช่น $E_1 / E_2 = 80/80$, $E_1 / E_2 = 85/85$, $E_1 / E_2 = 90/90$

จากการศึกษาการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรม สามารถสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมมี 2 ขั้นตอน คือ 1) การตรวจสอบประสิทธิภาพเบื้องต้น โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ (Panel of Experts) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่าซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ (Usability) จากนั้นนำมาปรับปรุงจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) การทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง เป็นการนำสื่อที่ได้ปรับปรุงแก้ไขผ่าน

เกณฑ์แล้วไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริง เพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่

3. เกณฑ์ประสิทธิภาพ

3.1 ความหมายของเกณฑ์

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์ (2541) กล่าวว่า เกณฑ์ หมายถึง สิ่งที่เราใช้ตัดสินคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้หรือส่วนประกอบการ (Performance) ซึ่งอาจแสดงออกในรูปของระดับพฤติกรรมที่เรายอมรับ เช่น นักเรียนจะสอบผ่านถือว่ามีความรู้ความสามารถในวิชาเลขคณิตชั้น ป.3 อย่างพอเพียงจะต้องสอบได้คะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 เป็นต้น

สุวิมล ว่องวาณิช (2543) กล่าวว่า เกณฑ์ หมายถึง ระดับที่ใช้ในการตัดสินความสำเร็จของการดำเนินงานตามตัวบ่งชี้ที่กำหนด เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ถืออยู่ในระดับดี กำหนดเกณฑ์การตัดสินว่าต้องสอบได้คะแนน 80% จึงจะได้เกรด A ถ้าได้น้อยกว่า 50% ถือว่าสอบตก

ศิริชัย กาญจนวาสี (2547) กล่าวว่า เกณฑ์ หมายถึง ระดับหรือมาตรฐานที่ถือว่าเป็นความสำเร็จของการดำเนินงานหรือผลการดำเนินงาน เกณฑ์จึงเป็นตัวตัดสินคุณภาพของการปฏิบัติหรือผลที่ได้รับเกณฑ์อาจได้มาจากมาตรฐานทางวิชาชีพ มาตรฐานการกระทำหรือระดับความคาดหวังที่พึงประสงค์ของกลุ่มผู้เกี่ยวข้องต่าง ๆ เช่น มาตรฐานที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญ ความต้องการที่แท้จริงของผู้รับบริการ ค่านิยมของสังคม เป็นต้น

จากการศึกษาความหมายของเกณฑ์ สามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์ หมายถึง ระดับที่ใช้สำหรับตัดสินคุณภาพของผลงาน โดยมีความสัมพันธ์กับตัวบ่งชี้และมาตรฐานที่กำหนด

3.2 ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ

บุญชม ศรีสะอาด (2546) กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1 / E_2) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะในที่นี้ จะยกตัวอย่าง $E_1 / E_2 = 80/80$ ดังนี้

1. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post – Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

2. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post – Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 หลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 แต่ละคนได้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนถึงร้อยละ

ละ 80 (E_1) ส่วน 80 ตัวหลัง (E_2) คือ ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด (40 คน) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลขตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post - Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน ตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) สามารถอธิบายให้ชัดเจนได้ ดังนี้ สมมติว่านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre - Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 10 แสดงว่าแตกต่างจากคะแนนเต็ม (ร้อยละ 100) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post - Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่ามีความแตกต่างของการสอบ 2 ครั้งนี้ (ก่อนเรียนและหลังเรียน) เท่ากับ $85 - 10 = 75$ ดังนั้น ค่าของ $= (75 / 90) \times 100 = 83.33 \%$ ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ($E_2 = 80$)

4. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกมีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่า สื่อไม่มีประสิทธิภาพและชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง)

เกริก ท่วมกลาง และจินตนา ท่วมกลาง (2555) กล่าวว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ โดยยกตัวอย่าง $E_1/E_2 = 80/80$ ดังนี้

1. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หากเฉลี่ย E_1 และ E_2

2. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนครั้งนั้นได้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนถึงร้อยละ 80

3. เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยเทียบกับคะแนนที่ได้ก่อนการเรียน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีความค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่องซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของนักเรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ครูกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของนักเรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

จากการศึกษาความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถสรุปได้ว่า ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมการสอนที่พัฒนาขึ้น ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยเกณฑ์ของประสิทธิภาพมีความหมายที่แตกต่างกันหลายลักษณะ และการกำหนดเกณฑ์ทำได้โดยประเมินผลพฤติกรรม 2 ประเภท คือ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (E_1) ซึ่งเป็นการประเมินผลของ กระบวนการ และประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (E_2) เป็นการประเมินผลลัพธ์

4. วิธีการหาประสิทธิภาพ

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของบทเรียนว่า การสร้างชุดการสอนนำไปใช้จริงควรมีการทดลองแก้ไขปรับปรุงให้ได้มาตรฐาน โดยการนำชุดการสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้จริง โดยเสนอแนวทางในการหาประสิทธิภาพโดยยึดสมรรถฐาน คือ เกณฑ์ 90/90 โดยมีสูตร ดังนี้

1) การหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

$$E_1 = \frac{\sum X}{\frac{N}{A}} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum x$	แทน	คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบฝึกหัดหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหรือการประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียน

2) การหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

$$E_2 = \frac{\sum Y}{\frac{N}{B}} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum y$ แทน คะแนนรวมของนักเรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน
 N แทน จำนวนผู้เรียน
 B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2546) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมสามารถหาได้จากการคำนวณตามสูตร ดังนี้

1) สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\sum x}{\frac{n}{A}} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน
 $\sum x$ แทน คะแนนของแบบฝึกหัดหรือของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกัน
 A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชุดรวมกัน
 n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2) สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\sum y}{\frac{n}{B}} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบ
 $\sum y$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน

A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน
n	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ประสาท เนืองเฉลิม (2560) กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมสามารถหาได้จากสูตร ดังนี้

1) สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma x}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	Σx	แทน	ผลรวมของคะแนนทุกส่วน
	A	แทน	คะแนนเต็มของทุกส่วน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน

2) สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma x}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	Σx	แทน	ผลรวมของคะแนนทดสอบหลังเรียน
	B	แทน	คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน
	N	แทน	จำนวนนักเรียน

จากการศึกษาวิธีการหาประสิทธิภาพ สามารถสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมสามารถคำนวณได้จากค่าประสิทธิภาพของกระบวนการโดยหาได้จากคะแนนของแบบฝึกหัดหรือของแบบทดสอบย่อยทุกชุดรวมกันในกิจกรรมระหว่างเรียน และประสิทธิภาพของผลลัพธ์หาได้จากคะแนนรวมของแบบทดสอบหลังเรียน

5. การยอมรับประสิทธิภาพ

สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2544) กล่าวว่า การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพเอกสารประกอบการเรียน สรุปได้ว่า เมื่อทดลองเอกสารประกอบการเรียนภาคสนามแล้ว ต้องนำมาเทียบค่าระหว่างผลของประสิทธิภาพที่ได้รับกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพื่อดูว่าสมควรที่จะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพให้ถือค่าแปรปรวน 2.5-5% นั่นคือประสิทธิภาพของ

เอกสารประกอบการเรียนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์ 5% แต่โดยปกติจะกำหนดไว้ 2.5% ฉะนั้นการยอมรับประสิทธิภาพของเอกสารประกอบการเรียนจึงมี 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
2. เท่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ประมาณ 2.5-5%

จากการศึกษาการยอมรับประสิทธิภาพ สามารถสรุปได้ว่า การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมจะต้องพิจารณาตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ถ้าคำนวณแล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ จะยอมรับว่านวัตกรรมนั้นมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าได้ต่ำกว่าเกณฑ์จะต้องไม่เกินร้อยละ 2.5 จึงจะยอมรับว่านวัตกรรมนั้นมี ประสิทธิภาพ แต่หากเกินร้อยละ 2.5 จะไม่ยอมรับนวัตกรรมนั้น ถือว่านวัตกรรมนั้นไม่มีประสิทธิภาพ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) กล่าวว่า การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ คือ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนภาคสนามแล้ว เทียบค่า E_1/E_2 ที่หาได้จากสื่อหรือชุดการสอนกับ E_1/E_2 ที่ตั้งเกณฑ์ไว้ เพื่อดูว่าเราจะยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพให้ถือค่าความแปรปรวน 2.5-5% อาทิ นั่นคือประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนไม่ควรต่ำกว่าเกณฑ์เกิน 5% แต่โดยปกติเราจะกำหนดไว้ 2.5% อาทิ เราตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้ 90/90 เมื่อทดสอบประสิทธิภาพแบบ 1:100 แล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิผล 87.5/87.5 เราก็สามารถยอมรับได้ว่าสื่อหรือชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพ การยอมรับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมี 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์
2. เท่าเกณฑ์
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

ประสาธ เนืองเฉลิม (2560) กล่าวว่า การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมมีเงื่อนไขดังนี้

1. สูงกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพพบเรียนสำเร็จรูปได้ 95/95
2. เท่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้พอดี เช่น ตั้งเกณฑ์มาตรฐานไว้ 90/90 แล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพพบเรียนสำเร็จรูปได้ 90/90
3. ต่ำกว่าเกณฑ์ คือ ตั้งเกณฑ์ E_1 / E_2 ไว้แล้วได้ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน $\pm 2.5\%$

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือหรือนวัตกรรมการเรียนการสอน (E_1 / E_2) เป็นขั้นตอนทำการจริงกับกลุ่มตัวอย่างที่กำหนดไว้แล้ว การที่จะสรุปได้ว่านวัตกรรมการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น

มีประสิทธิภาพหรือไม่ จะต้องมีการกำหนดเกณฑ์เพื่อใช้ในการพิจารณาและยอมรับความผิดพลาดได้ไม่เกินร้อยละ 2.50

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่ครูพัฒนาขึ้น สามารถหาได้โดยการใช้สูตร E_1 / E_2 ซึ่ง E_1 เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการที่ได้จากการประเมินนักเรียนจากใบงาน และ E_2 เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งได้จากคะแนนการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก ซับซ้อน ประกอบกับนักเรียนมีความรู้พื้นฐานระดับปานกลาง ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1. ความหมายการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายถึงสาเหตุหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นด้วยการโต้แย้งที่มีการยืนยันด้วยเหตุผลหรือมุมมองที่เป็นรูปธรรม เพื่อนำมาสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปรากฏการณ์ในข้อกล่าวอ้างด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์พยานและการให้เหตุผลที่เหมาะสมและหลักการทางวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเชื่อมโยง ระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากหลักฐานเชิงประจักษ์ โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกลไกที่ใช้ในการอธิบายที่สนับสนุนสาเหตุและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

Brigandt (2016) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การอธิบายเพื่อสนับสนุน ความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างที่สามารถเชื่อถือได้ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยการรวบรวมหลักฐานและการสร้างข้อโต้แย้งที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานที่รวบรวมได้ โดยการอธิบายนั้นเป็นการบรรยายเพื่ออธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

Novak and Treagust (2017) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างคำอธิบายของปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์ และเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลักฐานเชิงประจักษ์พยาน เพื่อให้ข้อกล่าวอ้างเชื่อถือได้ โดยใช้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันเหตุผลที่มีหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความหรือประโยคที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาซึ่งเกี่ยวข้องกับบริบทในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของปรากฏการณ์ที่ศึกษา 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

อารยา แจ่มใจ (2557) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ โดยอยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผลและเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า

กฤตกร สภาสันติกุล (2559) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การประยุกต์ความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ การอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และทำนายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น รวมถึงการระบุคำบรรยาย และคำอธิบายที่เหมาะสม

จรรยา ดาสา (2560) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมในคำถามทางวิทยาศาสตร์ วางแผนและดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อหาหลักฐานมาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถาม โดยมีหลักการหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาสนับสนุนหลักฐานที่มี และสื่อสารหรือประเมินคำอธิบายได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรายงานผลหรือการสื่อความหมายโดยมีการเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และสิ่งที่เห็นประจักษ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผล ซึ่งข้อมูลอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผลของวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความหมายการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำกฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มาใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยอยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผลและเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006) ซึ่งมีอยู่ 3 องค์ประกอบ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) 3) การให้เหตุผล (Reasoning) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

2. ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญ และเป็นตัวกำหนดกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมถึง

เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเห็นภาพรวมของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความเข้าใจในโมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

Nawani (2019) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เน้นให้นักเรียนได้อธิบาย จะกระตุ้นนักเรียนให้ใช้ทักษะการให้เหตุผล เช่น กำหนดคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ และตีความรูปแบบข้อมูล เชื่อมโยงข้อมูลกับทฤษฎีเพื่ออธิบายสาเหตุของเหตุการณ์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจในโมโนทัศน์ ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล ตลอดจนการสร้างประสบการณ์เรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียน จึงเป็นการพัฒนากระบวนการคิดการปฏิบัติ และสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

กฤตกร สภาสันติกุล (2558) กล่าวว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญกับนักเรียนในยุคปัจจุบัน ซึ่งให้เห็นถึงเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบ รวมทั้งจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ลงมือทำจริง ให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเอง พัฒนาความรู้ ความเข้าใจ ทักษะการคิด และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

อรณิชา หงษ์เกิด (2561) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งด้านการพัฒนาความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนและพัฒนาความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล รวมทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งนำเอาหลักปฏิบัติของสังคมวิทยาศาสตร์มาปรับใช้เสมือนเป็นการส่งเสริมคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์ให้แก่ นักเรียน

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหัวใจหลักและพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ การมองเห็น สัมผัส สังเกต โดยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถที่จะสื่อสารเข้าใจ มีทักษะการคิด และอธิบายโดยเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และหลักฐานได้

จากการศึกษาความสำคัญของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจหลักของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และการให้เหตุผล เพื่อลงข้อสรุปหรือทำความเข้าใจสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

3. องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) ได้กำหนดกรอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนสำคัญคือ

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหา
2. หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง เหตุผลที่สร้างขึ้นจากหลักการทางวิทยาศาสตร์โดยพิจารณาจากหลักฐานที่มาสสนับสนุนข้อกล่าวอ้างประเด็นที่สนใจศึกษา

BSCS Center for Professional Development (2008) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ข้อยืนยันหรือข้อสรุปซึ่งใช้ในการตอบคำถาม
2. หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ซึ่งสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยจะต้องเป็นข้อมูลที่มีความเหมาะสมและเพียงพอ ซึ่งได้มาจากการตรวจสอบหรือแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เช่น การสังเกต การอ่านเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง ผลจากการทดลอง เป็นต้น
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทำไมหลักฐานที่มีถึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมเข้ามาช่วยอธิบาย

Berland and Reiser (2008) ได้กำหนดกรอบแนวคิดองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสร้างได้ง่ายที่สุดและสามารถระบุข้อสรุปจากคำอธิบายของผู้อื่นได้ง่ายเช่นกัน
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนรวบรวม เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อความสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานมีได้หลายแบบ เช่น ข้อมูลเชิงปริมาณ ข้อมูลจากการสังเกต ข้อเท็จจริงที่ได้จากการอ่านและการอภิปราย

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง
 สันติชัย อนุวรชัย (2553) กล่าวว่า การอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา ซึ่งเกี่ยวข้องกับบริบทในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันหรือคำตอบของการศึกษาปรากฏการณ์
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากการศึกษา

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

เฉลิมลาภ ทองอาจ (2555) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ซึ่งประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญ คือ

1. ข้อสรุป (Claim) เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยคำตอบส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “เกิดอะไรขึ้น” หรือ “เกิดขึ้นได้อย่างไร” หรือ “เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น”

2. ประจักษ์พยาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อสรุปอย่างเหมาะสมและเพียงพอ โดยข้อมูลที่ใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปอาจจะได้มาจากการสำรวจตรวจสอบของนักเรียนหรือจากแหล่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมไว้แล้ว

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุป โดยการแสดงเหตุผลที่ประจักษ์พยานสนับสนุนข้อสรุป โดยส่วนใหญ่แล้วการใช้เหตุผลมักจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม

อารยา แจ่มใจ (2557) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อยืนยันหรือคำตอบของคำถามที่นักเรียนต้องการค้นคว้าหาคำตอบ

2. หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยหลักฐานนี้มาจากการสังเกตการณ์ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ การทดลอง การอ่านเอกสารที่เกี่ยวข้องและการอภิปราย เป็นต้น

3. การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 3 ส่วน มีองค์ประกอบดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อมูลที่เป็นข้อสรุปของนักเรียนที่ใช้เพื่อตอบคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยมีได้ทั้งข้อมูลที่เป็นเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง ข้อความที่เชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ยึดกรอบแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2006) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษา 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า การเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่น่าเชื่อถือ การสังเกต หรือการทดลอง เพื่อนำไปสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การอธิบายให้เหตุผลสนับสนุนความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

4. การวัดและการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า แนวทางการวัดและการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะเป็นการประเมินโดยใช้แบบทดสอบความเรียง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

1. ลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 เรื่อง เรื่องละ 1 ข้อ โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Explanation Items) ได้แก่ สารและสมบัติของสาร ปฏิกิริยาเคมีและการอนุรักษ์มวล โดยสองเรื่องแรกให้ตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์ ส่วนเรื่องที่สามให้ภาพการทดลองเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

Gotwals Singer and Bullard (2009) สร้างแบบทดสอบเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดการใช้หลักฐานและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเรื่อง ความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ แบบสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ข้อสอบที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย มีข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนดซึ่งอาจจะอยู่ในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ หรือภาพการทดลอง เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ข้อมูลในการอ้างอิงในการสร้างคำอธิบาย และมีคำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับอะไร ส่วนจำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบ

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นการอธิบายโดยจุดประสงค์ที่ชัดเจนและมีข้อมูลที่เป็นหลักฐานประกอบอยู่

ในแบบวัด เช่น กราฟ ตาราง แผนภาพ เพื่อให้นักเรียนได้มีการอธิบายคำตอบ โดยเชื่อมโยงสอดคล้องกับข้อมูลและหลักฐาน ซึ่งจำนวนข้อสอบและระยะเวลาในการทำขึ้นอยู่กับผู้ออกข้อสอบ และความสามารถของนักเรียน

จากการศึกษาลักษณะของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ครอบคลุม 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ

2. เกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

Sundoval (2001) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินความสามารถในการใช้หลักฐานเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ 0-3 ปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Sundoval (2001)

ระดับคะแนน	คำอธิบายในแต่ละความสามารถ
0	ไม่แสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้าง
1	มีการอ้างถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างเพียงบางส่วน
2	มีการอ้างถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างเกือบครบถ้วน
3	มีการอ้างถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อกล่าวอ้างครบถ้วน

Moji, et al. (2004) ได้นำเสนอแบบประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดตัวบ่งชี้คุณภาพของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 5 ตัวบ่งชี้แล้วนำมากำหนดเป็นรายการประเมินและนำมาใช้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก 3 ระดับ ดังปรากฏตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Moji, et al. (2004)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
1. สร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับปัญหาที่ศึกษา	ไม่มีข้อกล่าวอ้าง หรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	ข้อกล่าวอ้างบางส่วนแสดง ให้เห็นถึงความไม่เข้าใจ โดยข้อกล่าวอ้างอาจประกอบด้วยรายละเอียด ที่ถูกต้อง และไม่ถูกต้อง หรือรายละเอียดที่สำคัญ	ข้อกล่าวอ้างถูกต้อง

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ Moji, et al. (2004) (ต่อ)

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
2. เตรียมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีข้อกล่าวอ้าง หรือข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	มีหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่หลักฐานที่ใช้นั้นอาจยังมีส่วนที่ไม่ถูกต้อง และไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	มีหลักฐานที่ถูกต้อง และเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. ให้เหตุผลเพื่อแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน กับข้อกล่าวอ้าง	ขาดการให้เหตุผล หรือมีการให้เหตุผล แต่ไม่แสดงให้เห็นถึงการเชื่อมโยง ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	มีการให้เหตุผล แต่บางเหตุผลที่นำมาใช้ยังไม่แสดงการเชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลนั้นยังไม่เพียงพอ	มีการให้เหตุผลแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยการ ใช้คำที่เชื่อมโยง เช่น “เพราะ” “ดังนั้น” “ด้วยเหตุนี้” เพื่อแสดงการเชื่อมโยงที่ต่อเนื่อง
4. ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและชัดเจน	ไม่ใช่ภาษาทางวิทยาศาสตร์ หรือใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ ถูกต้อง	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ ถูกต้องแต่มีบางส่วนที่ไม่ถูกต้องและขาดความชัดเจน	ใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ ได้ถูกต้องและชัดเจน
5. เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ชัดเจน	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่ชัดเจน ไม่แสดงรายละเอียดของบริบทที่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังไม่ชัดเจน มีเพียงรายละเอียดบริบทที่จำเป็นหรือประกอบด้วยรายละเอียดของบริบทที่จำเป็นและไม่จำเป็น	เขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ชัดเจน แสดงให้เห็นถึงปรากฏการณ์หรือปัญหา โดยแสดงรายละเอียดของ บริบทที่จำเป็น

McNeill, et al. (2006) ได้สร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ 0-5 คะแนน สามารถแสดงได้ดังปรากฏตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill, et al. (2006)

ระดับคะแนน	คำอธิบายในแต่ละระดับความสามารถ
0	ไม่ระบุงค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อสรุปที่มากเกินไป และไม่สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุงค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNeill and Krajcik (2008) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินแบบแยกประเด็น โดยพิจารณาแยกตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ 0-2 ดังปรากฏในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ McNeill and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่สามารถสรุปได้หรือสรุปไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้สมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่สามารถแสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป
การให้เหตุผล	ไม่สามารถให้เหตุผลหรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้บางส่วน รวมถึง ให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้ดัดแปลงรูปแบบเกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมทั้งมีการระบุข้อบ่งชี้การให้คะแนนในระดับต่าง ๆ ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังปรากฏตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ สันติชัย อนุวรชัย ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	1	2	3
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง หรือ เขียนข้อกล่าวอ้าง ไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่กระชับและไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน	ไม่สามารถระบุหลักฐาน เชิงประจักษ์ หรือแนวคิด ทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง	สามารถระบุหลักฐาน เชิง ประจักษ์หรือแนวคิด วิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	สามารถระบุหลักฐาน เชิงประจักษ์หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
การให้เหตุผล	ไม่สามารถเขียนข้อความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถูกต้อง ไม่ครบถ้วน	สามารถเขียนข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องแต่ ไม่ครบถ้วน	สามารถเขียนข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานโดยใช้หลักการ กฎ หรือ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

กฤตกร สภาสันติกุล (2559) ได้ดัดแปลงรูปแบบเกณฑ์การประเมินของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมทั้งมีการระบุข้อบ่งชี้การให้คะแนนในระดับต่าง ๆ ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังปรากฏตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ กฤตกร
สภาสันติกุล (2559) ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2008)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่สามารถสรุปได้ หรือสรุปได้ไม่ถูกต้อง	สร้างข้อสรุปได้บางส่วน	สร้างข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่แสดงหลักฐาน หรือแสดงหลักฐานที่ไม่นำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป	แสดงหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะนำไปสู่ข้อสรุป
การให้เหตุผล	ไม่สามารถให้เหตุผล หรือให้เหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้บางส่วนรวมถึงให้เหตุผลโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังไม่เพียงพอ	เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์

อรณิชา หงษ์เกิด (2561) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินโดยดัดแปลงรูปแบบการประเมินของ McNeill and Krajcik (2006) พร้อมทั้งมีการระบุบ่งชี้คะแนนในระดับต่าง ๆ ของทั้ง 3 องค์ประกอบ ดังปรากฏตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ อรณิชา
หงษ์เกิด (2561) ดัดแปลงจาก McNeil and Krajcik (2006)

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ไม่สร้างข้อกล่าวอ้างหรือสร้างข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	สร้างข้อกล่าวอ้างถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน	ไม่แสดงหลักฐานสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือใช้หลักฐานไม่เหมาะสมต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานได้อย่างเหมาะสม แต่ไม่เพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ไม่มีการให้เหตุผลหรือเหตุผลที่ใช้ไม่แสดงความเชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานและข้อกล่าวอ้าง	มีการให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง อาจมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ใช้เหตุผลถูกต้องและสมบูรณ์แสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้างโดยมี การอ้างอิงหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและเพียงพอ

จากการศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ซึ่งผู้วิจัยได้ดัดแปลงให้เหมาะสมกับบริบทที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา และสามารถสรุปได้ดังปรากฏในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างไม่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับสถานการณ์แต่ไม่ครบถ้วน	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับสถานการณ์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง หรือไม่ระบุหลักฐาน	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง แต่ไม่ครบถ้วน	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์
การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ระบุเหตุผล	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ระบุไม่ครบถ้วน	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์

3. การแปลผลคะแนนการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

กฤตกร สมาสันติกุล (2558) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008) ซึ่งมีคะแนนเต็ม 24 คะแนน ออกเป็นช่วงคะแนน 3 ระดับ คือ ดีมาก ดี และควรปรับปรุง ตามคะแนนที่ได้ดังปรากฏตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกฤตกร สมาสันติกุล (2558) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
0-12	ควรปรับปรุง
13-18	ดี
19-24	ดีมาก

กรรณก เลิศเดชาภัทร์ (2559) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008) โดยกำหนดช่วงคะแนนรวมและคะแนนเฉลี่ยร้อยละเป็น 3 ระดับ ดังปรากฏตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาภัทร์ (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนนรวม	ช่วงคะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับความสามารถ
27.00-36.00	75.00-100	ดีมาก
18.00-26.99	50.00-74.99	ดี
0.00-17.99	0-49.99	ควรปรับปรุง

ศิริณา ชุมแสง (2560) ได้ออกแบบการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008) โดยรวมคะแนนที่ได้ในทุกองค์ประกอบ ซึ่งมีคะแนนเต็ม 6 คะแนน ออกเป็นช่วงคะแนน 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุงตามคะแนนที่ได้ดังปรากฏตารางที่ 12

ตารางที่ 12 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของศิริณา ชุมแสง (2560) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
0	ควรปรับปรุง
1-2	พอใช้
3-4	ดี
5-6	ดีมาก

การแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ของ กรรณก เลิศเดชาภัทร์ (2559) โดยกำหนดช่วงคะแนนรวมและคะแนนเฉลี่ยร้อยละเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับควรปรับปรุง ดังนี้

ตารางที่ 13 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาภัทร์ (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนนรวม	ช่วงคะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับความสามารถ
27.00-36.00	75.00-100	ดีมาก
18.00-26.99	50.00-74.99	ดี
0.00-17.99	0-49.99	ควรปรับปรุง

การวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การวิจัยในประเทศ

พิกรี กีโร (2561) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคงทนในการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคงทนในการเรียนรู้ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด โดยกลุ่มเป้าหมายที่ศึกษาครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 605 และ 607 จำนวนห้องละ 46 คน ณ สถานศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบ MACRO Model ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิด เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแบบทดสอบความคงทนของการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO Model มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังพบว่า มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกับคะแนนของความคงทนในการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จึงสามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับแผนผังความคิดสามารถส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความคงทนในการเรียนรู้ที่ดีขึ้น

ธนพร เลิศโพธาวัฒนา (2561) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง ยีนและโครโมโซม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 : MACRO Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมาใช้จัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 : MACRO Model 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) ศึกษาเจตคติของนักเรียนที่มีต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 : MACRO Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วิชาชีววิทยา เรื่อง ยีนและโครโมโซม โดยกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 31 คน ณ สถานศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานีในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 : MACRO Model เรื่อง ยีนและโครโมโซม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัด

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และแบบวัดเจตคติของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 : MACRO Model พบว่า 1) การนำกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ช่วยในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย เกิดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 4) ค่าเฉลี่ยของเจตคติด้านเนื้อหาสาระ ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อการเรียนรู้และด้านบทบาทครู โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.71, 3.92, 4.32 และ 4.36 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มีเจตคติที่ดี

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) ได้ศึกษาการส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 50 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง จำนวน 5 แผน แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Normalized Gain และ t-test แบบ Dependent Sample ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิกหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิกหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มนัสนันท์ พักแก้ว (2563) ได้ศึกษาการจัดการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนและหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน

และหลังเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง กลุ่มเป้าหมายการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 แผนการเรียน ศิลป์ญี่ปุ่น โรงเรียนหางดงรัฐราษฎร์อุปถัมภ์ ปีการศึกษา 2563 จำนวน 11 คน เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง 2) แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธะโคเวเลนต์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ที่ 14.3 (S.D. = 3.2) ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่ที่ 8.1 (S.D. = 3.3) และจำแนกตามองค์ประกอบทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความสามารถในการพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกตความสามารถในการอุปนัย ความสามารถในการนิรนัย และความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น พบว่าหลังเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์โดยการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง นักเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้ง 5 ด้าน นอกจากนี้ยังนักเรียนยังมีค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธะโคเวเลนต์หลังเรียนอยู่ที่ 8.7 (S.D. = 2.2) ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนที่ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์อยู่ที่ 5.3 (S.D. = 2.5) โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 3.4 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 22.7 ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 90.9 อยู่ในระดับพัฒนาการที่เพิ่มขึ้น

ดลชัย อินทรโกสุม (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่มสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) หาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่มมาใช้ในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่มกับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/9 จำนวน 39 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนบ้านไร่วิทยา จังหวัดอุทัยธานี ที่ได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียน

เป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม จำนวน 3 แผน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.64$) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.74 และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.42$) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบหาค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว (One Sample) และการทดสอบหาค่าเฉลี่ยของข้อมูล 2 ชุด ที่ไม่มีความเป็นอิสระต่อกัน (Dependent Sample) ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 อยู่ในระดับมากที่สุด 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม ($\bar{X}$ เท่ากับ 22.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.86) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}$ เท่ากับ 13.85 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.91) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึงในป่าช้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 22.56 คิดเป็นร้อยละ 75.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ 4) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. การวิจัยต่างประเทศ

Adam Stibbards and Tom Puk (2011) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายและประเมินแนวทางการเรียนรู้แบบเร่งด่วนที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศผ่านการศึกษาในระดับอุดมศึกษา ผู้สมัครเป็นครูในหลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาตรีกรอกแบบสำรวจ โดยให้คะแนนระดับความเห็นด้วย 15 รายการที่เกี่ยวข้องกับ MACRO Model ผู้เข้าร่วมยังได้สำเร็จมาตรการการรับรู้ความสามารถของตนเองทั้งก่อนและหลังเรียน โดยรวมแล้วผู้เข้าร่วมให้คะแนนการเรียนรู้ MACRO Model สูงมาก และพวกเขาให้คะแนนความคลุมเครือและวิธีการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นใหม่สูงกว่าวิธีการส่งข้อมูลอย่างมีนัยสำคัญ การรับรู้ความสามารถตนเองของผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับความเข้าใจแนวคิด MACRO Model และวิธีการสอนก็เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน ความหมายหลักของการศึกษานี้คือ แนวทาง MACRO Model เปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมได้เรียนรู้แบบฉุกเฉิน และนักการศึกษาที่สนใจรูปแบบการเรียนรู้เชิงลึกนี้ควรพิจารณาว่าพวกเขาจะนำแนวทางนี้ไปใช้อย่างไร

Duane Esty (2022) การเรียนรู้ MACRO Model ของทฤษฎี AIED ช่วยประกัน บทบาททางอภิปัญญาและจริยธรรมของการใช้ AI ในการศึกษา เปิดรับยุคใหม่แต่ยังคงเฉลิมฉลอง หลักการออกแบบการเรียนการสอนแบบดั้งเดิมผ่านทฤษฎีการเรียนรู้และวิธีการผสมผสานตาม รูปแบบ MACRO Model ประกอบด้วยชุมชนวาทกรรมง่าย ๆ ที่ทับซ้อนกันสามชุมชน ได้แก่ ทฤษฎี การเรียนรู้ประยุกต์ การวิเคราะห์ระบบคอมพิวเตอร์ และการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีประสิทธิภาพ ทฤษฎีและวิธีการเรียนรู้ที่หล่อหลอมจากชุมชนต่าง ๆ ที่สนับสนุนการออกแบบการเรียนรู้อาสาที่กำหนดได้ดีที่สุด แบบจำลองนี้ให้คำจำกัดความคร่าว ๆ ของการวิเคราะห์ระบบคอมพิวเตอร์ว่าเป็น ฮาร์ดแวร์และโซลูชันทางโปรแกรมทั้งหมดไปจนถึงการสอน (จากอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ - ผ่านระบบ คลาวด์) การเรียนรู้ของนักเรียนที่มีประสิทธิภาพระบุว่าโมเดลนี้มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง พื้นที่นี้ใน วิวัฒนาการของ AIED ซึ่งประเภทของปัญญาประดิษฐ์และผลกระทบต่อการเรียนรู้ไม่ได้รับการ ยอมรับเสมอไป ในกรณีที่มีการโต้ตอบกับข้อมูลขนาดใหญ่และระบบต่อเนื่องหลายรูปแบบที่ซับซ้อน จำเป็นต้องมีแนวทางที่มีจริยธรรมโดยอาศัยอภิปัญญา

จากการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้นักเรียน สร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิดและกระบวนการกลุ่ม สามารถนำมาสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่อการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการ เรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษากำหนดวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุกุลนารี จำนวน 156 คน จาก 4 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนที่นักเรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุกุลนารี จำนวน 36 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ที่ประเมินนักเรียนโดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยเบื้องต้น โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) ดังปรากฏตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แบบแผนการวิจัยแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งที่ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด

9 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ประกอบด้วย

2.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย

จำนวน 6 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

การสร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) สาระชีววิทยา เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้และมาตรฐานการเรียนรู้

1.2 ศึกษาคำอธิบายรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียน อนุภูวนารี เพื่อให้ทราบถึงผลการเรียนรู้

1.3 วิเคราะห์โครงสร้างรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระ การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง

1.4 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่องระบบหายใจ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนชั่วโมง ดังนี้

ตารางที่ 15 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
1. การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์	4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮโดร่า พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก	การแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงพบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม และสัตว์ที่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด เช่น พองน้ำ ไฮโดร่า พลาเนเรีย ส่วนไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น แมลงมีท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอยนำแก๊สไปยังเซลล์ ปลาแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก สัตว์สะเทินน้ำ สะเทินบกใช้เหงือกแลกเปลี่ยนแก๊สในระยะตัวอ่อน ใช้ผิวหนังและปอดในระยะตัวเต็มวัย ส่วนสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส	1. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบ โครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	1
2. โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	5. สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	ปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมมีลักษณะสีแดงเรื่อ เนื้อปอดมีลักษณะหยุ่น ปอดซ้ายมี 3 พู ปอดขวามี 4 พู มีกล่องเสียงต่อกับท่อลม ท่อลมมีกระดูกอ่อนทำให้ไม่แฟบ และรูปร่างกระดูกอ่อนคล้ายตัวอักษรภาษาอังกฤษตัว C เรียงตัวต่อกัน ทำให้มีความยืดหยุ่น ปลายสุดของท่อลมจะแยกเป็นหลอดลมซึ่งจะ	1. นักเรียนสามารถสังเกต และอธิบาย โครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่	2

ตารางที่ 15 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ (ต่อ)

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
		แตกแขนงและมีขนาดเล็กลง เมื่อสูบลมเข้าสู่หลอดลมไปยังปอดจะเกิดแรงดันอากาศทำให้ปอดขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น	ได้รับมอบหมาย (A)	
3. อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์	6. สืบค้นข้อมูลอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์	ระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ เริ่มที่อากาศเข้าสู่ร่างกายทางรูจมูก (nostril) แล้วเข้าสู่โพรงจมูก (nasal cavity) ซึ่งมีเยื่อบุผิวที่มีซิเลียและเมือกสำหรับดักจับสิ่งแปลกปลอม เช่น ฝุ่น เรณูไม่ให้เข้าสู่ปอด จากนั้นอากาศจะเคลื่อนที่ไปยังคอหอย (pharynx) กล่องเสียง (larynx) ซึ่งภายในมีสายเสียง (vocal cord) และเข้าสู่ท่อลม (trachea) ซึ่งมีเยื่อบุผิวที่มีซิเลียและเมือก เพื่อกอยดักจับสิ่งแปลกปลอมไม่ให้เข้าสู่ถุงลม ท่อลมจะแตกแขนงเป็นหลอดลม (bronchi) ไปสู่ปอดทั้ง 2 ข้าง และหลอดลมแตกแขนงเป็นหลอดลมฝอย (bronchiole) ซึ่งจะแตกแขนงเล็กลงเรื่อย ๆ และมีผนัง บางลงตามลำดับ ปลายสุดของหลอดลมฝอยเป็นถุงลมขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก เรียกว่า ถุงลม (alveolus) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนแก๊สในปอด	1. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล และอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	1

ตารางที่ 15 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ (ต่อ)

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
4. การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส	6. สืบค้นข้อมูลอธิบายโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์	การแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์เกิดขึ้น 2 บริเวณ คือ บริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอย และบริเวณเซลล์ของเนื้อเยื่อต่างๆ กับหลอดเลือดฝอย โดยบริเวณถุงลมในปอดอากาศที่หายใจเข้าจะมี O_2 สูง มีความดันย่อยของ O_2 สูง จึงแพร่จากถุงลมเข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบๆ ถุงลม จากนั้น O_2 จะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายผ่านระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่ง O_2 ในหลอดเลือดฝอยมีความดันย่อยสูงกว่าในเนื้อเยื่อจึงแพร่เข้าสู่เซลล์ ในทางกลับกัน CO_2 ภายในเซลล์มีความดันย่อยสูงกว่าจะแพร่ออกจากเซลล์เข้าสู่หลอดเลือดฝอย เมื่อเลือดที่มี CO_2 สูงเคลื่อนที่ไปยังถุงลมในปอด CO_2 จะแพร่ออกจากหลอดเลือดฝอยสู่ถุงลม และหายใจออกเพื่อนำ CO_2 ออกจากตัว	1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (A)	2
5. กลไกการหายใจ	7. อธิบายการทำงานของปอดและหลอดวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	การหายใจปกติ เมื่อกล้ามเนื้อกะบังลมหดตัวกะบังลมจะเคลื่อนต่ำลงขณะที่กล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงยกสูงขึ้นปริมาตรในช่องอกเพิ่มขึ้นความดันอากาศภายในปอดลดลง อากาศภายนอกจะ	1. นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานของกล้ามเนื้อกะบังลมได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความ	1

ตารางที่ 15 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ (ต่อ)

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง
		เคลื่อนเข้าสู่ปอด ทำให้เกิดการหายใจเข้า ส่วนการหายใจออกจะเกิดต่อเนื่องจากการหายใจเข้า โดยกล้ามเนื้อกะบังลมคลายตัว กะบังลมจะโค้งขึ้น ในขณะเดียวกันกล้ามเนื้อระหว่างกระดูกซี่โครงแถบนอกคลายตัว ทำให้กระดูกซี่โครงลดต่ำลง ปริมาตรในช่องอกลดลง ความดันอากาศในปอดเพิ่มขึ้นและมากกว่าความดันอากาศภายนอก อากาศจะเคลื่อนออกจากปอดสู่ภายนอก ทำให้เกิดการหายใจออก	รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (A)	
6. ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ	7. อธิบายการทำงานของปอด และทดลองวัดปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์	โรคระบบทางเดินหายใจเป็นอาการป่วยหรือความผิดปกติของอวัยวะในระบบทางเดินหายใจ ทำให้กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สในร่างกายผิดปกติ ซึ่งความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การสูบบุหรี่ มลพิษทางอากาศ และการติดเชื้อ เป็นต้น โดยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจมีหลายชนิด เช่น โรคถุงลมโป่งพอง โรคปอดบวม โรควัณโรค โรคหอบหืด และโรคหลอดเลือดอักเสบ เป็นต้น	1. นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล และอธิบายเกี่ยวกับโรคทางเดินหายใจได้ (K) 2. นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P) 3. นักเรียนมีความรับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (A)	2

1.5 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผน รวม 9 ชั่วโมง โดยให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และระยะเวลาที่กำหนดดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง อวัยวะและโครงสร้างในระบบหายใจของมนุษย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงแก๊ส

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง กลไกการหายใจ

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสมของเนื้อหา ความสอดคล้องด้านผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อประกอบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ ให้ถูกต้องเหมาะสมตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดังนี้

1) ปรับแก้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

2) ปรับแก้เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินให้มีความชัดเจน และเหมาะสมมากขึ้น

1.8 สร้างแบบประเมินคุณภาพความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ จำนวน 6 แผน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมกับแบบประเมินความเหมาะสมเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในด้านเนื้อหา ความสอดคล้องด้านผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อประกอบการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล รวมถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

1.9.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ วุฒิการศึกษา ปร.ด. (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

1.9.2 รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

1.9.3 นายคมสันย์ วรรณจักร วุฒิการศึกษา วท.ม. (ชีววิทยา) คุณครูประจำโรงเรียนอนุกุลนารี ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาชีววิทยา

1.10 นำแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มาหาค่าเฉลี่ย โดยมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้ ซึ่งเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้สามารถวัดตามเกณฑ์ ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

ค่าเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยค่าความเหมาะสมมีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์ตัดสิน ถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังปรากฏตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	ความเหมาะสม	ระดับความเหมาะสม
1	4.47	เหมาะสมมาก
2	4.49	เหมาะสมมาก
3	4.59	เหมาะสมมากที่สุด
4	4.51	เหมาะสมมากที่สุด
5	4.21	เหมาะสมมาก
6	4.29	เหมาะสมมาก

1.10.1 นำแผนการจัดการเรียนรู้ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

1) ปรับแก้ขั้นตอนการสร้างแรงจูงใจให้มีความน่าสนใจมากขึ้น โดยใช้วิธีทัศน์ หรือยกตัวอย่างสถานการณ์ที่น่าสนใจ

2.3 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัย 12 ข้อ ให้คะแนนข้อละ 6 คะแนน โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Assessment) ดังปรากฏตารางที่ 18

ตารางที่ 18 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างไม่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับสถานการณ์แต่ไม่ครบถ้วน	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับสถานการณ์อย่างถูกต้อง ครบถ้วนและสมบูรณ์
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง หรือไม่ระบุหลักฐาน	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างแต่ไม่ครบถ้วน	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างถูกต้อง ครบถ้วนและสมบูรณ์
การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยไม่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ระบุเหตุผล	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ แต่ระบุไม่ครบถ้วน	ระบุเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์

2.4 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมด้านเนื้อหา ความเหมาะสมทางภาษา และความสอดคล้องของข้อสอบกับนิยามศัพท์เฉพาะ จากนั้นนำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ คือ ปรับภาษาให้เป็นภาษาเชิงวิชาการมากขึ้นและปรับเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วพร้อมกับแบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

2.5.1 รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์ วุฒิการศึกษา ประ.ด. (นวัตกรรมการหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2.5.2 รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน วุฒิการศึกษา กศ.ด. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

2.5.3 นายคมสันย์ วรรณจักร วุฒิการศึกษา วท.ม. (ชีววิทยา) คุณครูประจำโรงเรียนอนุคุณนารี ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาชีววิทยา

2.6 ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นมีความสอดคล้อง

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าคำถามนั้นไม่มีความสอดคล้อง

2.7 นำผลการประเมินความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่า (IOC) ซึ่งจะต้องมีค่าตั้งแต่ 0.51–1.00 จึงจะถือว่าใช้ได้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) ผลปรากฏว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67 - 1.00 ถือว่าใช้ได้

2.8 นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ คือ ปรับแก้เกณฑ์การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 โดยเพิ่มคำตอบว่า เป็นคำตอบอย่างอื่นที่ขาดความสมบูรณ์

2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ฉบับจริง แล้วนำไปใช้กับกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุคุณนารี

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 36 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนอนุคุณนารี โดยมีขั้นตอนดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยอธิบายถึงความสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ประโยชน์ที่นักเรียนจะได้รับ แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ เกณฑ์การวัดและประเมินผล

2. ดำเนินการทดลอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ตามแผนการจัดการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ระบบหายใจ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 6 แผน รวมทั้งหมด 9 ชั่วโมง

3. ทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน (Post-test) หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ครบทุกแผน โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อตรวจสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก

4. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหายใจ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 โดยใช้สูตรวิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ E_1/E_2 (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) ประสิทธิภาพด้านกระบวนการได้จากคะแนนที่ได้จากใบกิจกรรม และแบบทดสอบย่อยของแต่ละแผน และประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ได้จากการรวมคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบ คือ 2 1 และ 0 ตามลำดับ คะแนนเต็ม 36 คะแนน จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำมาเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 เพื่อแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังปรากฏตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เกณฑ์สรุปความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกรรณก เลิศเดชาภัทร์ (2559) ดัดแปลงจาก McNeill and Krajcik (2008)

ช่วงคะแนนรวม	ช่วงคะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับความสามารถ
27.00-36.00	75.00-100	ดีมาก
18.00-26.99	50.00-74.99	ดี
0.00-17.99	0-49.99	ควรปรับปรุง

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

1.1 การหาค่าทดสอบประสิทธิภาพตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 มีสูตรการใช้ดังนี้ (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563)

ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร } E_1 = \frac{\sum X}{\frac{N}{A}} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ
 $\sum X$ แทน คะแนนรวมระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน
 N แทน จำนวนนักเรียน
 A แทน คะแนนเต็มระหว่างเรียนทั้งหมด

ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{\sum F}{\frac{N}{B}} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum F$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด
 B แทน คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียน

1.2 การคำนวณค่าความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence หรือ IOC) เป็นค่าคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือโดยมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยใช้สูตรการหาดัชนีความสอดคล้อง (มนตรี วงษ์สะพาน, 2563) ดังนี้

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

เมื่อ IOC แทน ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้

R แทน คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
 $\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2. สถิติพื้นฐาน

2.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณโดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2560)

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยคำนวณจากสูตร (สาธิตา สกุรัตนกุลชัย, 2563)

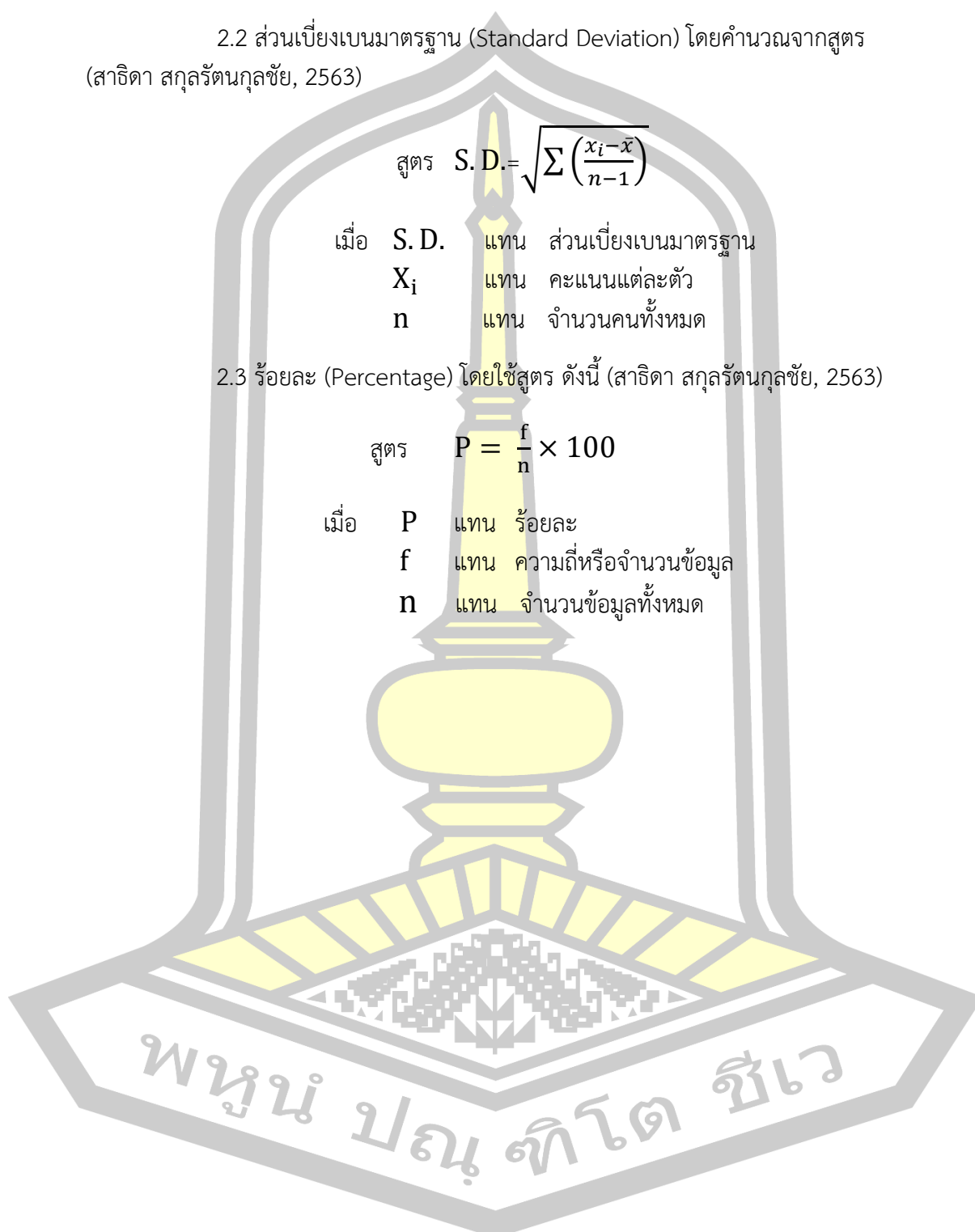
$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{n-1} \right)}$$

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 X_i แทน คะแนนแต่ละตัว
 n แทน จำนวนคนทั้งหมด

2.3 ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตร ดังนี้ (สาธิตา สกุรัตนกุลชัย, 2563)

$$\text{สูตร } P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ
 f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูล
 n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับชั้นที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ลำดับชั้นที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเกณฑ์ 75 ตัวแรก หมายถึง ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ ได้แก่ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งหมดที่ได้ประเมินจากใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อยท้ายบทเรียน ในทุกบทเรียนสัดส่วน 60:40 ตามลำดับ ที่มีค่าเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 75 และเกณฑ์ 75 ตัวหลัง หมายถึง ประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ซึ่งได้จากคะแนนการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มตัวอย่าง หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นทุกบทเรียน หาค่าเฉลี่ยของคะแนน และคิดเป็นร้อยละ 75 ผลปรากฏดังปรากฏตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คะแนน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)		รวมทั้งหมด	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	E_1/E_2
	ใบกิจกรรม (36 คะแนน)	แบบทดสอบย่อย (24 คะแนน)		แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (36 คะแนน)	
สัดส่วน	60%	40%	100%	100%	78.89/77.24
เฉลี่ย	29.69	17.64	78.89	27.81	
S.D.	1.95	1.90	4.99	2.00	
ร้อยละ	82.48	73.50	78.89	77.24	

จากตารางที่ 20 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 78.89 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 77.24 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก

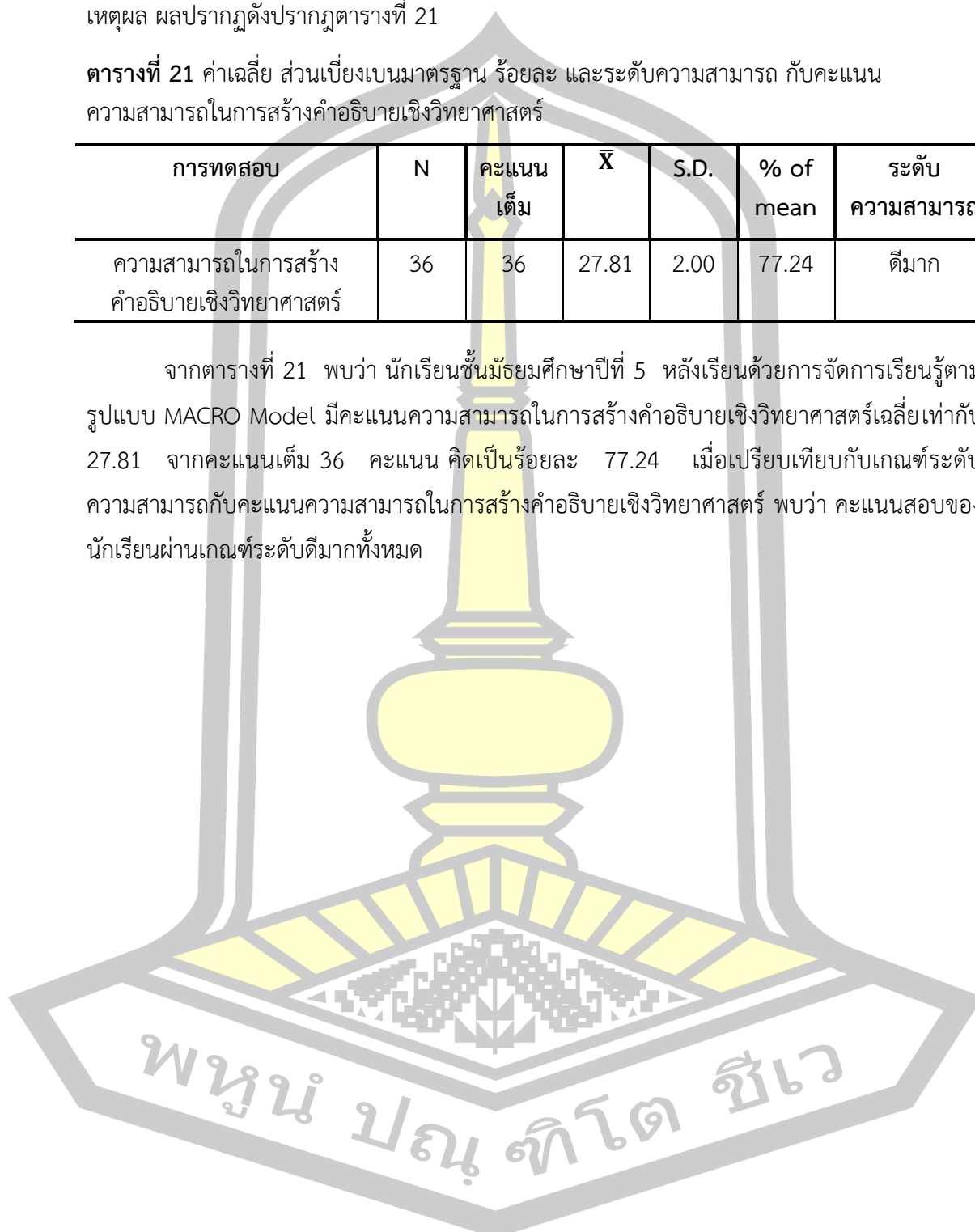
ผู้วิจัยได้หาคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวัดจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย

จำนวน 6 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล ผลปรากฏดังปรากฏตารางที่ 21

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และระดับความสามารถ กับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	% of mean	ระดับความสามารถ
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	36	36	27.81	2.00	77.24	ดีมาก

จากตารางที่ 21 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับความสามารถกับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า คะแนนสอบของนักเรียนผ่านเกณฑ์ระดับดีมากทั้งหมด



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา สามารถสรุปผลได้ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ให้ผ่านเกณฑ์ในระดับดีมาก

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา สรุปผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.89/77.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้
2. ผลการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยสามารถนำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.89/77.24 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 หมายความว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ระหว่างเรียน 78.89 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งหาได้จากใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย คิดเป็นสัดส่วน 60:40 และทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้หลังเรียนเฉลี่ย 77.24 ถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งหาได้จากคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model สะท้อนให้เห็นว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิด และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการคิด กระบวนการกลุ่ม และให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์และมีส่วนร่วมในการเรียน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้ ส่งผลให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกและมีส่วนร่วมในการเรียนรู้น้อยที่สุด โดยในการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้ 4) ขั้นรายงานและนำเสนอ และ 5) ขั้นเผยแพร่ความรู้ ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model โดยเริ่มจากครูนำเสนอข้อมูลหรือสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับเรื่องที่จะเรียน และครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรม และให้นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างตนเอง ซึ่งเป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้ข้อกล่าวอ้าง ซึ่งทำให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง จากเรื่องที่นักเรียนสนใจ หลังจากนั้นแยกนักเรียนเข้ากลุ่มตนเอง เพื่อพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ในการหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองที่ได้ระบุไว้ก่อนหน้านี้ เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการใช้หลักฐาน หลังจากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้นำเสนอหลักฐานและข้อค้นพบต่าง ๆ โดยครูจะทบทวนรายละเอียดของกิจกรรมและใช้คำถามกระตุ้น ทำให้นักเรียนได้ใช้หลักฐานและข้อค้นพบของตนเองนำไปสู่การลงข้อสรุปของประเด็นที่ศึกษา เป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้เหตุผล และขั้นตอนสุดท้ายของการจัดกิจกรรมนักเรียนทุกคนจะได้ทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในด้านการให้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลของนักเรียน โดยจะมีการสะท้อนกลับเพื่อให้นักเรียนได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเองเพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงแนวคิดและความเข้าใจเชิงลึกของ

นักเรียนได้ (Khun and Reiser, 2004) ทำให้ประสิทธิภาพของกิจกรรมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับการวิจัยวิชา หนึ่งเรียน (2562) ได้ศึกษา การส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (Graphic Organizers) พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการเขียนแผนผัง กราฟิก หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน และผลการเรียนรู้ เรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับการ เขียนแผนผังกราฟิก หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

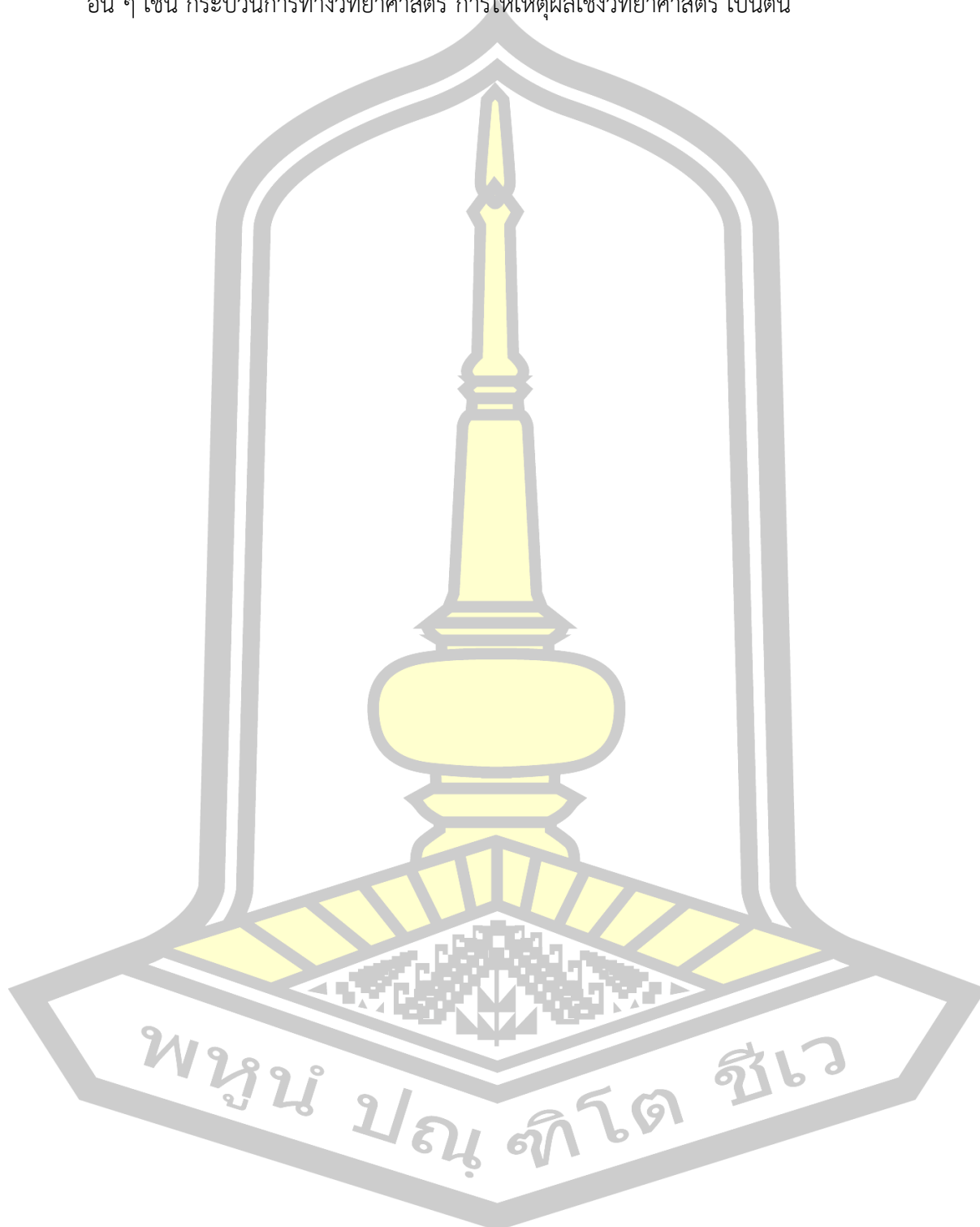
2. การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model มีคะแนน ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 27.81 จากคะแนนเต็ม 36 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.24 มีนักเรียนที่คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับดีมากจำนวน 27 คน และนักเรียนที่ คะแนนผ่านเกณฑ์ระดับดี จำนวน 9 คน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้ด้วยตนเองผ่านการจัดการเรียนรู้ ตามรูปแบบ MACRO Model โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นำเอาสถานการณ์ที่น่าสนใจ สิ่งต่าง ๆ รอบตัวนักเรียนหรือที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจของนักเรียน โดยครูจะเป็นผู้คอย อำนวยความสะดวกและมีส่วนร่วมน้อยที่สุด ทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนและมีความ กระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น ส่งผลให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการเรียนรู้เรื่องราวรอบตัวไป พร้อมกับกระบวนการในการศึกษาหาคำตอบว่าเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไรด้วยแนวคิด วิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการประเมินและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนจะได้มีโอกาสร่วมกันออกแบบแนวทางการสำรวจตรวจสอบปัญหาที่ตนเองได้รับ จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ (กุลธิดา ชนาภิมุข, 2563) และการสรุปองค์ความรู้จะช่วยให้ให้นักเรียนได้ ทบทวนเนื้อหาได้ตามความต้องการ โดยในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเรียนรู้ปฏิบัติกิจกรรมด้วย ตนเอง โดยการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ วางแผนและลงมือหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างนั้น ๆ และนักเรียนทุกคนได้ทำแบบทดสอบย่อยในแต่ละแผนด้วยตนเอง และมีการสะท้อนผลกลับเพื่อทำให้นักเรียนได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเอง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เป็น กิจกรรมที่นักเรียนไม่เคยปฏิบัติมาก่อนทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน โดยเฉพาะแหล่ง เรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ครูเตรียมไว้ให้ เช่น สถานการณ์จำลองที่นักเรียนสามารถหาคำตอบได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกันได้ ซึ่งการหาคำตอบของ คำถามโดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ประสบความสำเร็จ เนื่องจากนักเรียนได้

เรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์และได้ฝึกฝนการคิดวิเคราะห์และเรียนรู้กระบวนการหาคำตอบไปเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้นและสามารถนำไปใช้หาคำตอบได้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน (Kuen Yi Lin, 2014) โดยแนวคิดหลักคือให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเองจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้หรือประสบการณ์ที่มีอยู่เดิม ซึ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ด้วยการนำเสนอความรู้หรือแนวคิดผ่านสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของนักเรียนเอง (McLellan, 1996) ทำให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ประสบการณ์สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและทำให้เห็นภาพในการเรียนรู้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ทำให้เข้าใจได้ง่ายเนื่องจากได้ปฏิบัติและลงมือด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อธิยา ลิขิตจรรยาลักษณ์ (2565) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจะนะชนูปถัมภ์ จังหวัดสงขลา พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนจัดอยู่ในระดับดี ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการในการค้นคว้าหาความรู้ และยังได้ฝึกฝนกระบวนการตั้งคำถาม การคิดวิเคราะห์ รวมถึงการฝึกสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับองค์ความรู้ที่ได้ค้นพบมา ซึ่งมีรูปแบบแนวคิดการจัดการเรียนรู้คล้ายคลึงกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

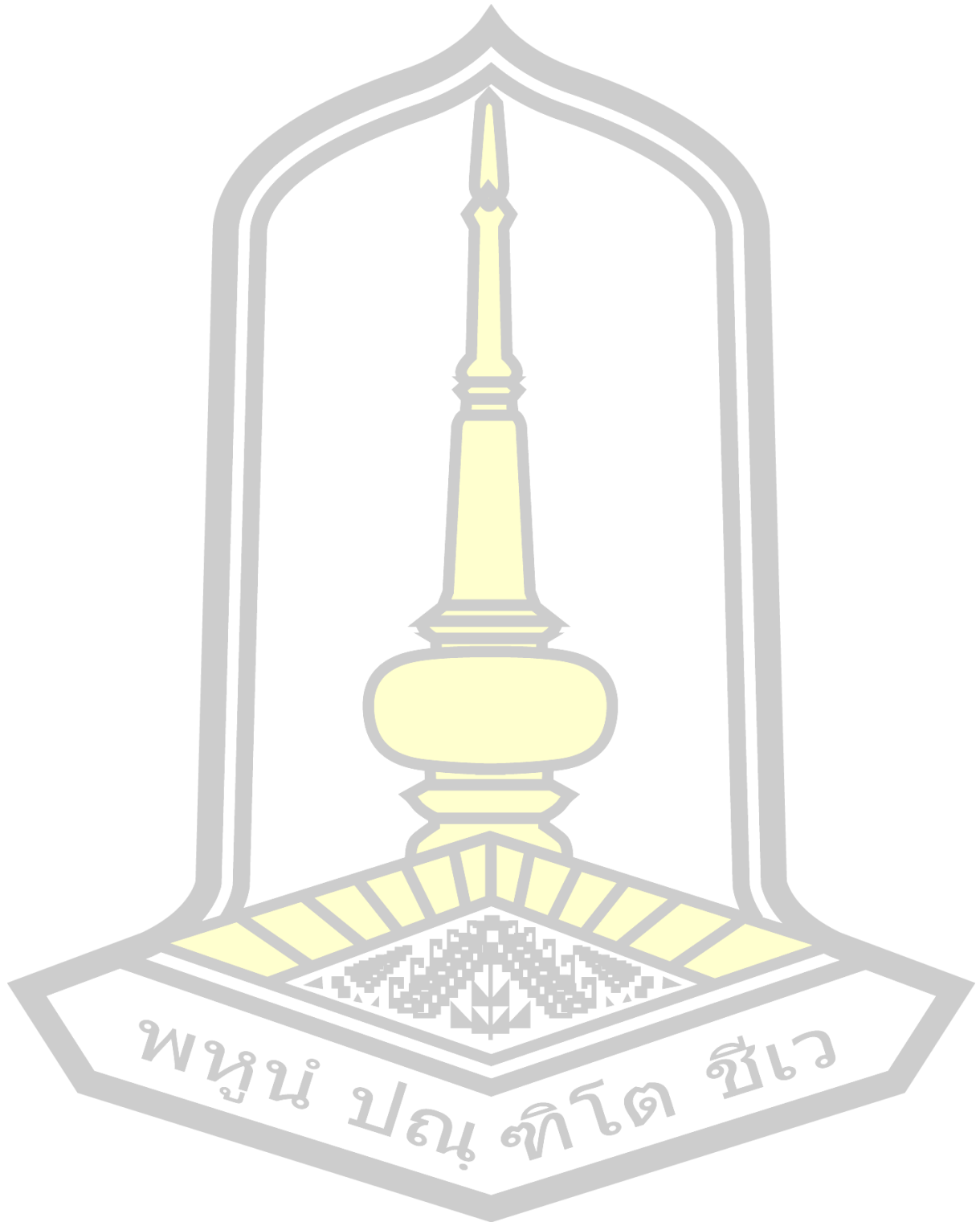
ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้
 - 1.1 ครูควรจัดกิจกรรมต่าง ๆ ในแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีเวลาเหมาะสม เพื่อดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง และควรเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับความรู้เดิมของนักเรียน
 - 1.2 ครูควรชี้แจงบทบาทและขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำกิจกรรมแก่นักเรียนให้ครบถ้วน เพื่อนักเรียนทุกคนเข้าใจตรงกัน
 - 1.3 ครูพูดคุยและสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนในบางช่วงของคาบเรียน เพื่อให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมาย เกิดความกระตือรือร้นและสนใจเรียนมากขึ้น
2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป
 - 2.1 ควรทำการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model

2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ในตัวแปร
อื่น ๆ เช่น กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นต้น



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: หลักสูตรกลางพรว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤตกร สภาสันติกุล. (2558). ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย สังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จิรนนท์ จันทยท. (2554). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความพึงพอใจต่อการเรียน เรื่อง พันธะเคมี และการวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับแบบปกติ (Unpublished Mester's thesis)*. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- เฉลิมลาภ ทองอาจ. (2555). การสอนอ่านอย่างเป็นกระบวนการ. วารสารวิชาการ, 15(1), 2. ISSN 1513-0096.
- ชรินดา สุขแสนชนานันท์. (2555). การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการถ่ายโอนแนวคิด เรื่อง พลังงานความร้อน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบอิงบริบท. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขวลิต ชูกำแพง. (2553). *การวิจัยหลักสูตรและการสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2520). *ระบบสื่อการสอน*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์. 5,3: 7 – 20
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษา: ทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพมหานคร: โอ.เอส.พรินติ้งเฮาส์.
- ณัฐวรรณ ศศิธร และเอกภูมิ จันทระขันธ์. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร (Silpakorn University Journal) ISSN 2586 - 8489 (Online). <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sujthai/article/view/173998>.

ดลชัย อินทรโกสม. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดี เรื่อง กลอนดอกสร้อยรำพึง
ในป่าช้า ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model ร่วมกับกระบวนการกลุ่ม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. การค้นคว้าอิสระ สาขาวิชาภาษาไทย หลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ดิเรก วรรณเศียร. (2558). *MACRO Model: รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21*.
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ธนพร เลิศโพธิ์วัฒนา. (2561). การพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาชีววิทยา เรื่อง ยีนและโครโมโซม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21:
MACRO MODEL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต.

นันทน์ภัส นิยมทรัพย์. (2560). *ความรู้พื้นฐานด้านการเรียนการสอน*. นครปฐม: โรงพิมพ์
มหาวิทยาลัยศิลปากร.

บุญชม ศรีสะอาด. (2546). *การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร*. กรุงเทพฯ:

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2560). *วิจัยการเรียนการสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เผชิญ กิจระการ. (2544). การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา E_1 / E_2 . วารสาร
การวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 5(11), 44-51.

พิชิต ฤทธิ์จรรยา. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ออฟ
เคอร์มิส.

ไพศาล วรคำ. (2562). *การวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

พิกรี กีโร. (2561). การเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคงทนในการเรียนรู้ วิชา
ชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสัตว์ ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO MODEL
ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหา
บัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต.

มนตรี วงษ์สะพาน. (2563). *พื้นฐานการวิจัยทางหลักสูตรและการสอน*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). มหาสารคาม
ตักสิลาการพิมพ์.

มนัสนันท์ พิกแก้ว. (2563). *การใช้การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO Model ร่วมกับสื่อจำลองโต้ตอบ
เสมือนจริง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ เพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5*. รายการวิจัยประกอบการเรียนกระบวนการวิชาการปฏิบัติงานวิชาชีพครู 2,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

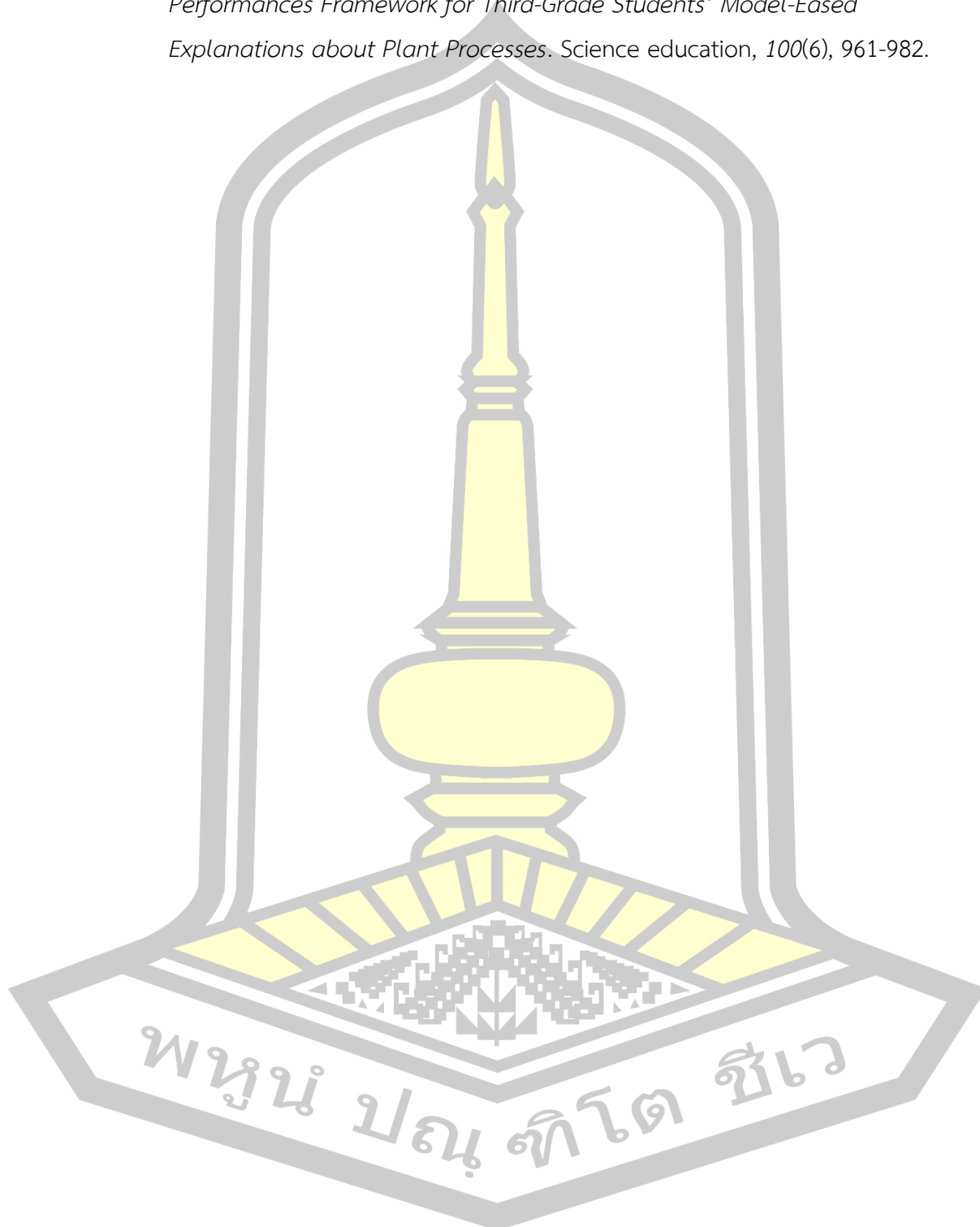
- รัตน์ะ บัวสนธ์. (2554). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครสวรรค์: หจก. ริมปิงการพิมพ์.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วณิชชา หมั่นเรียน. (2562). *การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO MODEL ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก (GRAPHIC ORGANIZERS)*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2547). *ทฤษฎีการประเมิน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2554). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไรทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2561). ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่านและคณิตศาสตร์ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ซีเอสเอสพับลิเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท). (2564). ผลการประเมิน PISA 2018 คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท).
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. (2541). *วิธีวิทยาการประเมินทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สันติชัย อนูราชัย. (2553). *ผลการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2544). *การผลิตนวัตกรรมการเรียนการสอน การสร้างแบบฝึก*. ชัยนาท: ชมรมพัฒนาความรู้ด้านระเบียบกฎหมาย.

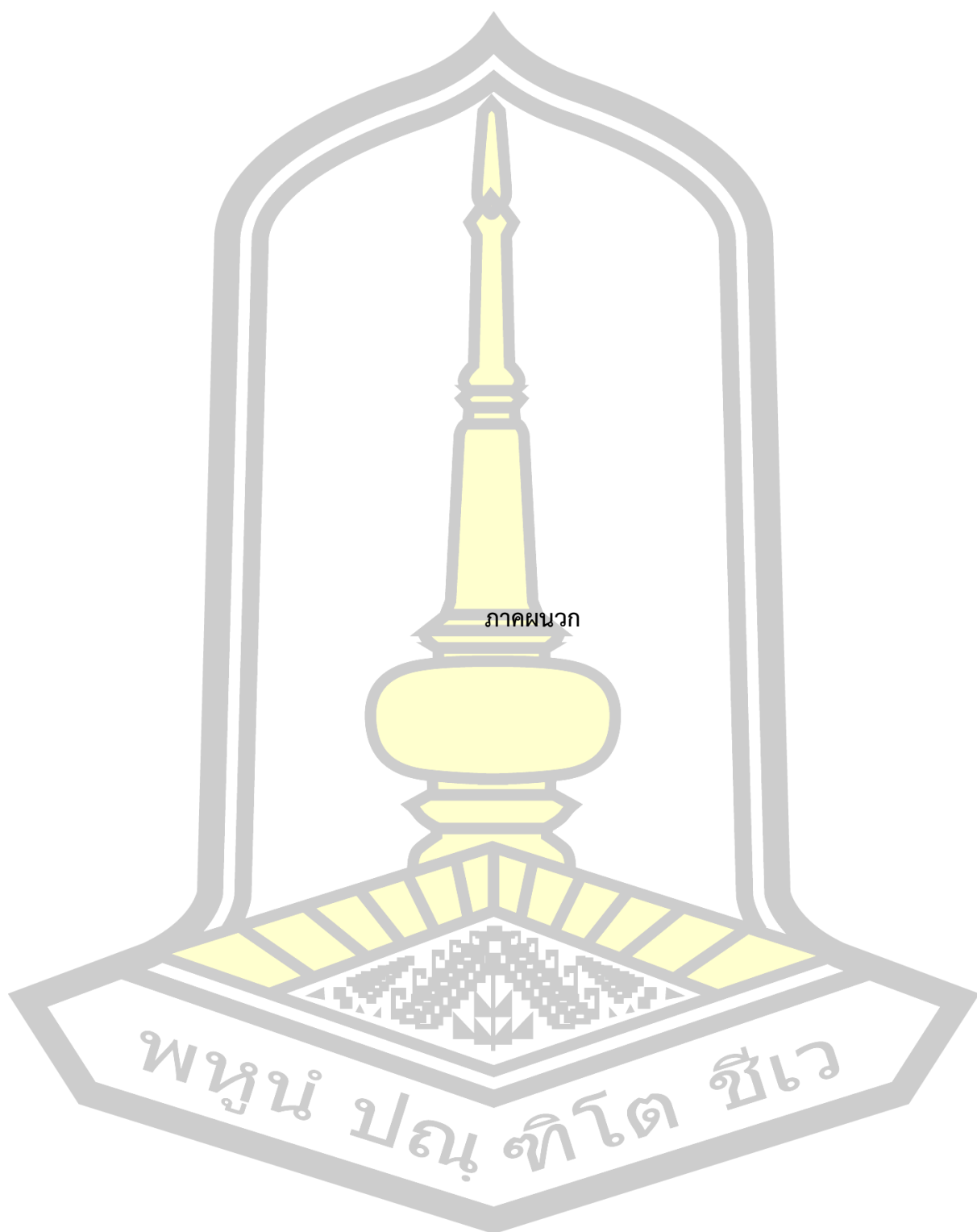
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรีและอัมพลิกา ประโมจน์ย์. (2551). รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA 2006. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุนีย์ คล้ายนิล, ปรีชาญ เดชศรีและอัมพลิกา ประโมจน์ย์. (2551). รายงานผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โครงการ PISA 2006. กรุงเทพฯ: เซเวนพรีนติ้งกรุ๊ป.
- สุภาวดี เดชสุวรรณรัชต์. (2561). การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน EIMA ที่มีต่อมนทัศน์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารบัณฑิตวิทยาลัยพิษณุพรศน์, 13(2), 223-232.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2543). รายงานการวิจัยและพัฒนาระบบการประเมินผลภายในของสถานศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎมนตรี, กรุงเทพฯ: วิ.ที.ซี. คอมมิวนิเคชั่น. สุวีริยาสาสน.
- อรณิชา หงษ์เกิด. (2561). การพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อริยา แจ่มใจ. (2557). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อรุณรัชต์ สาธุ. (2563). การศึกษาแรงจูงใจในการเรียนรู้ ด้วยวิธีการสอนรูปแบบ MACRO Modal ในรายวิชาพระพุทธศาสนา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาบัณฑิต สาขาวิชาสังคมศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- Berland, L.K. and Reiser, B. J. (2008). *Making Sense of Argumentation and Explanation*. Science Education.
- Bloom. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals*. Handbook I, Cognitive Domain. New York: Longman.
- Brigandt, I. (2016). *Why The Difference Between Explanation and Argument Matters To Science Education*. Science & Education, 25(3), 251-275.
- D. Saribas and Z. Gonca Akdemir. (2018). *Using an Innovative Tool in Science Education: Examining Pre-Service Elementary Teachers' Evaluation Levels on*

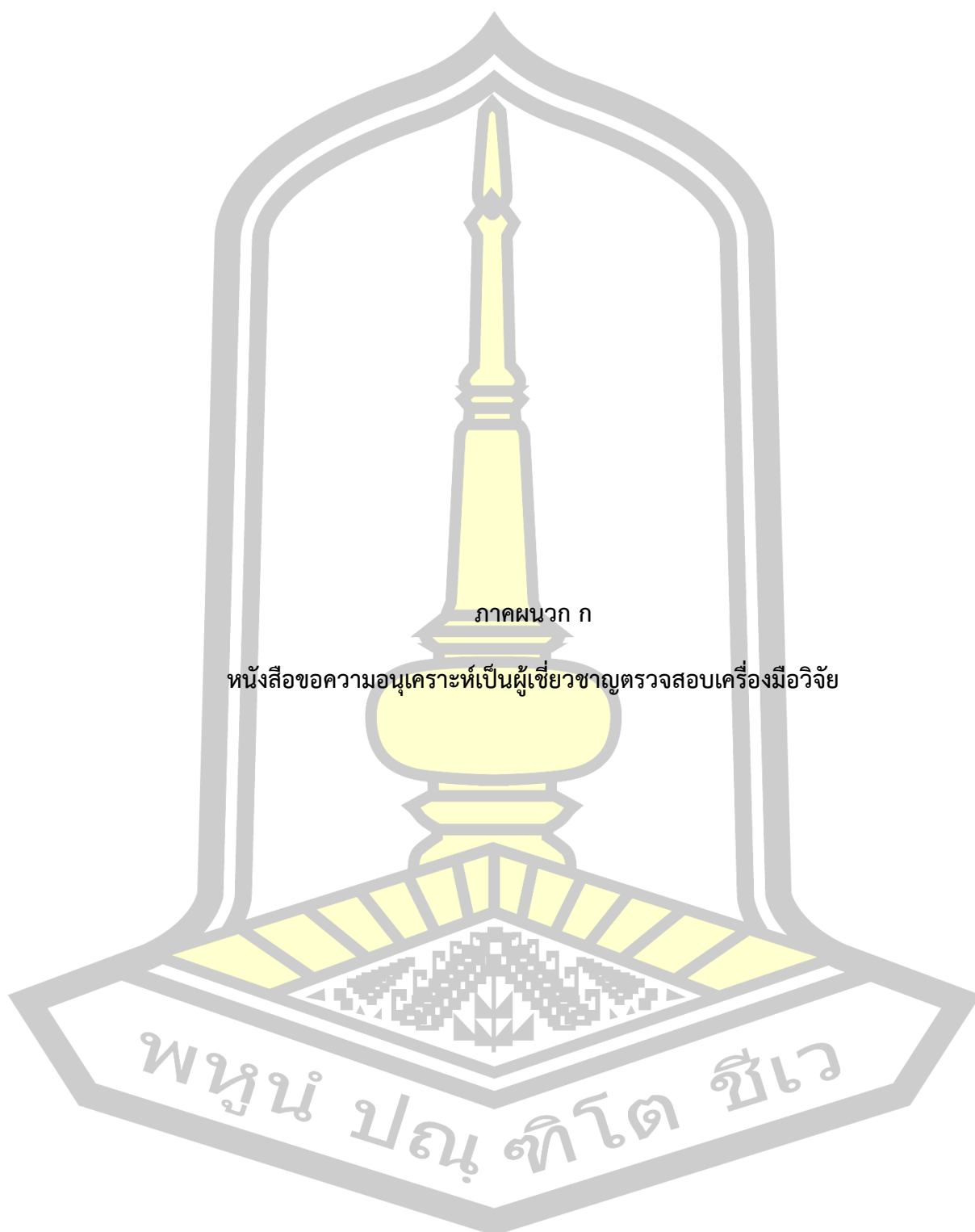
- The Topic of Wetlands*. International Journal of Science Education, 41:1, 123-138.
- Gronlund , Norman E. and Linn, Robert. L. (1990). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 6th ed . New York : Macmillan Publishing Company.
- Gurbuz, F., Turgut, U., & Salar, R. (2013). *The Effect of 7E Learning Model on Academic Achievements and Retention of 6th Grade Science and Technology Course Students in the Unit “Electricity in Our Life”*. Turkishscience education, 10(3), 91.
- McNeill, K. L. and J. Krajcik. (2006). *Supporting Students’ Construction of Scientific Explanation through Generic versus Context Specific Written Scaffolds*. Paper presented at the annual meeting of American Educational Research Association in San Francisco. USA
- McNeill, K. L. and J. Krajcik. (2008). *Inquiry and scientific explanations: Helping student use evidence and reasoning*. Page 121-134, Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- McNeill, K. L. and J. Krajcik. (2008). *Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers Instructional Practices on Student Learning*. Journal of Research in Science Teaching, 45(1), 55-78.
- Mehren, W. (1976). *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. New York : Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington DC: National Academic Press.
- Nawani, J., von Kotzebue, L., Spangler, M., & Neuhaus, B. J. (2019). *Engaging students in constructing scientific explanations in biology classrooms: a lesson-design model*. Journal of Biological Education, 53(4), 378–389.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1472131>.
- North Central Regional Education Laboratory and Metiri group. (2003). *The enGauge 21st Century Skills for 21st Century Learners (Online)*. www.ncrel.org/engauge, June 21, 2023

- Novak and Treagust. (2017). *Adjusting claims as new evidence emerges : Do students incorporate new evidence into their scientific explanations*. Journal Research in Science Teaching. 2018(55).
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). PISA 2015 Item Submission Guidelines: Scientific Literacy. (online). <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Submission-Guidelines-Science.pdf>.
- Ozlem, M. (2006). *The Effect of 7E Learning Cycle Model on the Improvement of Fifth Grade Students' Critical Thinking Skills (Unpublished Doctoral dissertation)*. Middle East Technical University, Turkey.
- Primo, R. A. M., & al., e. (2010). *Testing One Premise of Scientific Inquiry in Science Classrooms: Examining Students' Scientific Explanations and Student Learning*. Journal of Research in Science Teaching, 47(5), 583-608.
- Puckett, M.B., & Black, J.K. (2000). *Authentic assessment of the young child: Celebrating development and learning*. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall.
- Ross, C.C and Stanley, J.C. (1967). *Measurement in Today' School*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Sandoval, William A. (2001). *"Students ' Uses of Data as Evidence in Scientific Explanations"*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association.
- Suhandi, A. et al. (2018). *Effectiveness of the Use of Question-Driven Levels of Inquiry Based Instruction (QD-LOIBI) Assisted Visual Multimedia Supported Teaching Material on Enhancing Scientific Explanation Ability Senior High School Students*. Journal of Physics: Conference Series, 1013(1).
- Suhandi, A. et al. (2018). *Effectiveness of the Use of Question-Driven Levels of Inquiry Based Instruction (QD-LOIBI) Assisted Visual Multimedia Supported Teaching Material on Enhancing Scientific Explanation Ability Senior High School Students*. Journal of Physics: Conference Series, 1013(1).
- Sulistina, Oktavia, Hesti Puspitasari, and Dedek Sukarianingsih. (2021). *Analysis Students' Scientific Explanation Skills Using Explanation Driven Inquiry Learning on Acid-Base Topic*. JTK (Jurnal Tadris Kimiya), 6(1),75–81.

Zangori L., & Forbes T.C. (2014). *Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Eased Explanations about Plant Processes*. *Science education*, 100(6), 961-982.









บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216

ที่ อว 0605.5(2)/ว5548

วันที่ 15 ธันวาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน

ด้วย นางสาวจันทร์สุดา จันทะขานี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติวรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)

รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ อว 0605.5(2)/ว9512

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

13 ธันวาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ปาริชาติ ประเสริฐสังข์

ด้วย นางสาวจันทร์สุดา จันทะขันธ์ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำรงหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์ โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0961543711

บัณฑิตศึกษา



ที่ อว 0605.5(2)/ว5548

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 ธันวาคม 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายคมสันย์ วรรณจักร์

ด้วย นางสาวจันทร์สุดา จันทะขำนิ นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติวรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4371-3174
เบอร์โทรนิสิต 0961543711

บุญ ภิไธย



ที่ อว 0605.5(2)/ว5258

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

15 พฤศจิกายน 2566

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

เรียน โรงเรียนอนุบาลนารี

ด้วย นางสาวจันทร์สุดา จันทะขานี นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO model ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติรดา พลเยี่ยม เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านได้อนุญาตให้ นางสาวจันทร์สุดา จันทะขานี เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

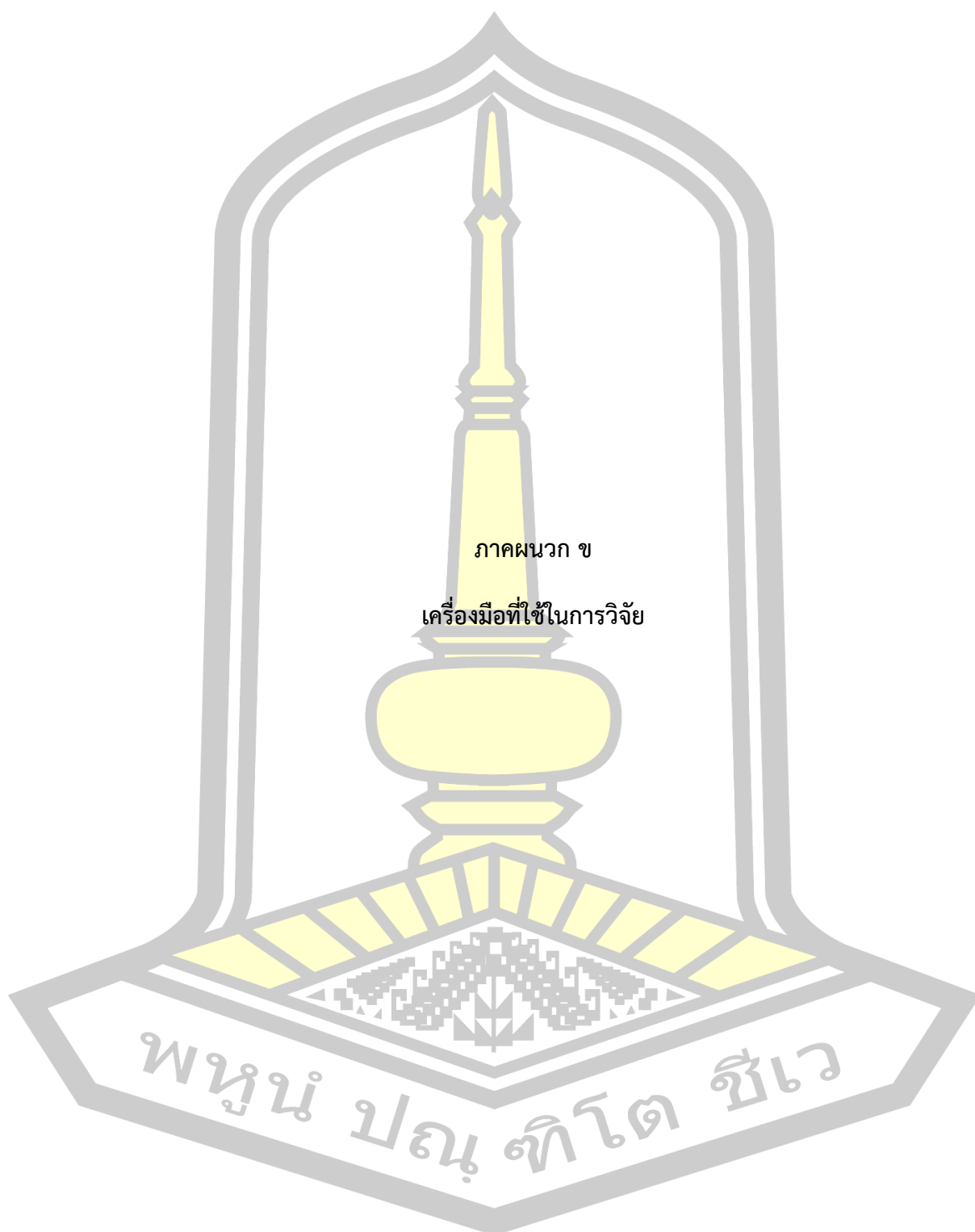
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
โทรศัพท์, โทรสาร 0-4374-3174
เบอร์โทรนิสิต 0961543711

บุญ ภิไธย



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม 4

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

หน่วยการเรียนรู้ที่ 14 ระบบหายใจ

เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

ครู นางสาวจันทร์สุดา จันทะขำนิ

เวลา 1 ชั่วโมง

1. สาระชีววิทยา

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้ และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. ผลการเรียนรู้

4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

3. สาระสำคัญ

การแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรงพบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา พารามีเซียม และสัตว์ที่ไม่มีระบบหมุนเวียนเลือด เช่น ฟองน้ำ ไฮดรา พลาเนเรีย ส่วนไส้เดือนดินมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเซลล์บริเวณผิวหนังที่เปียกชื้น แมลงมีท่อลมซึ่งแตกแขนงเป็นท่อลมฝอยนำแก๊สไปยังเซลล์ ปลาแลกเปลี่ยนแก๊สที่ละลายอยู่ในน้ำผ่านเหงือก สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกใช้เหงือกแลกเปลี่ยนแก๊สในระยะตัวอ่อน ใช้ผิวหนังและปอดในระยะตัวเต็มวัย ส่วนสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายและเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้ (K)

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนสามารถจัดทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P)

ด้านพฤติกรรมนักเรียน

3. นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

5.1 ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation)

5.1.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบภายในกลุ่มตนเอง

5.1.2 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มไปศึกษา

5.1.3 จากนั้นครูให้นักเรียนดูรูปภาพที่มีการใช้แก๊สออกซิเจนที่บรรจุในกระป๋องช่วยในการหายใจ และใช้คำถามเพื่อกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นและมีแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียนดังนี้



- มนุษย์หายใจทางไหน (แนวคำตอบ จมูกและปาก)
- อวัยวะใดของมนุษย์ที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส (แนวคำตอบ ปอด)
- จากรูปภาพ ทำไมมนุษย์ต้องใช้แก๊สออกซิเจนที่บรรจุในกระป๋องช่วยในการหายใจ (แนวคำตอบ เนื่องจากในพื้นที่สูงมีความดันอากาศลดต่ำลง ทำให้ร่างกายได้รับแก๊สออกซิเจนไม่เพียงพอต่อการสร้างพลังงานเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์)

- ถ้าร่างกายมนุษย์ได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จะส่งผลกระทบอย่างไร (แนวคำตอบ จะทำให้มีอาการวิงเวียน อ่อนเพลีย กล้ามเนื้ออ่อนล้า หายใจลำบาก และอาจส่งผลให้สมองขาดแก๊สออกซิเจนและไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ)

- สัตว์ต่าง ๆ มีโครงสร้างในการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างไร (ยกตัวอย่างมา 3 ชนิด)

5.1.4 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มพูดคุยกันภายในกลุ่มของตนเอง แลกเปลี่ยนความคิดเห็นวิเคราะห์เพื่อลงข้อสรุปในการระบุข้อกล่าวอ้างและเขียนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1

5.2 ขั้นเรียนรู้โดยตรง (Active Learning)

5.2.1 จากนั้นครูให้นักเรียนทำการสืบค้นข้อมูลเรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ

5.2.2 ครูคอยให้คำแนะนำระหว่างที่นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการค้นคว้าหาความรู้ และคอยตรวจสอบว่าข้อมูลที่นักเรียนนำมาสอดคล้องกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนแต่ละกลุ่มระบุไว้หรือไม่ เพื่อให้ นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ (หลักฐาน) มาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง

5.3 ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion)

5.3.1 ครูแจกกระดาษกราฟท์ จำนวน 1 แผ่น ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

5.3.2 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการค้นคว้าหาความรู้มาสรุปเป็นแผนผังความคิดลงในกระดาษที่ครูแจกให้พร้อมบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 เพื่อใช้เป็นหลักฐานในการอธิบายความเชื่อมโยงของข้อมูล

5.3.3 ครูคอยตรวจสอบผลงานนักเรียนว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้มีความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานหรือไม่ และมีการให้เหตุผลอย่างไร อีกทั้งยังตรวจสอบคำตอบของนักเรียนจากใบกิจกรรมที่ 1

5.4 ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting)

5.4.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนกลุ่มจำนวน 2 คน ออกมาหน้าชั้นเรียน เพื่อนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองเกี่ยวกับเรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ โดยให้นักเรียนอธิบายถึงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ครูให้เวลาในการนำเสนอกลุ่มละไม่เกิน 3 นาที

5.4.2 ครูคอยอำนวยความสะดวกในการนำเสนอของนักเรียน และครูประเมินผลงานนักเรียนว่า ข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานมีความเชื่อมโยงกันมากน้อยเพียงใด และการให้เหตุผลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่

5.4.3 เมื่อทุกกลุ่มนำเสนอเสร็จ ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปบทเรียน

5.5 ขั้นเผยแพร่ความรู้ (Obtain)

5.5.1 จากนั้นครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้มาจัดทำเป็นคลิปวิดีโอสั้นๆ ไม่เกิน 3 นาที และอัปโหลดคลิปวิดีโอลง TikTok เพื่อเผยแพร่ความรู้ไปยังบุคคลที่สนใจในเรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ ได้เข้ามาศึกษาหาความรู้

5.5.2 ภายใน 1 สัปดาห์ ให้นักเรียนตรวจสอบว่ามีบุคคลสนใจและมีส่วนร่วมในเรื่องนี้มากน้อยแค่ไหน โดยดูจากจำนวนการเข้าชมคลิปวิดีโอและการแสดงความคิดเห็น พร้อมปinned วิดีโอ และส่งลิงค์วิดีโอให้ครูเพื่อตรวจสอบ

5.5.3 ครูแจกแบบทดสอบย่อยที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ ให้นักเรียนแต่ละคน

5.5.4 จากนั้นครูให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ โดยการตอบคำถามลงในแบบทดสอบที่ 1 ครูให้เวลาในการทำ 5 นาที

6. การวัดและประเมินผล

สิ่งที่วัด	จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (Knowledge)	1.นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้ (K)	ใบงานที่ 1	แบบประเมินใบงาน	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม
ด้านทักษะกระบวนการ (Process)	2.นักเรียนสามารถจัดกระทำข้อมูลเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ (P)	แบบทดสอบย่อยที่ 1	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	แสดงพฤติกรรมถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
ด้าน คุณลักษณะ (Attitude)	3.นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)	แบบทดสอบย่อยที่ 1	แบบสังเกตพฤติกรรมนักเรียน	ได้คะแนนพฤติกรรมร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้และอุปกรณ์

7.1 ใบงานที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

7.2 แบบทดสอบย่อยที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

7.3 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

7.4 อินเทอร์เน็ตสำหรับสืบค้น

8. เอกสารอ้างอิง

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชีววิทยา เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

9. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

9.1 ผลการเรียนรู้

9.2 ปัญหาและอุปสรรค

9.3 ข้อเสนอแนะ/แนวทางการแก้ปัญหา

ลงชื่อ

(นางสาวจันทร์สุดา จันทะขำนิ)

ครู

พหุบัน ปณ จิโต ช่อ

แบบทดสอบย่อยที่ 1

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. การแลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮดรา พลาณาเรีย และไส้เดือน เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร (2 คะแนน)

2. โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของกบมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตอย่างไร (2 คะแนน)

พหุ ม ปณ สิ ๓๒ ๓๖

เกณฑ์การประเมินแบบทดสอบย่อย (K)

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหายใจ

สาระการเรียนรู้ เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เวลาเรียน 1 ชั่วโมง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566

ข้อที่	รายการประเมิน		
	นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้		
	2	1	0
1. การแลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำไฮดรา พลาเนเรีย และไส้เดือนเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร	อธิบายถูกต้องและครบถ้วนดังนี้ เหมือนกัน คือ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สมีลักษณะบางและชื้นทำให้แลกเปลี่ยนแก๊สได้ดีแตกต่างกัน คือ พองน้ำไฮดรา พลาเนเรียเป็นสัตว์ขนาดเล็ก มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมและสามารถแลกเปลี่ยนแก๊สกับสิ่งแวดล้อมได้โดยตรง ส่วนไส้เดือนดินมีเนื้อเยื่อ หลายชั้นมีการแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านทางผิวหนังและมีระบบหมุนเวียนเลือดช่วยในการลำเลียงแก๊สไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งบางส่วนไม่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อม	อธิบายถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนทุกประเด็นดังนี้ เหมือนกัน คือ โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สมีลักษณะบางและชื้นทำให้แลกเปลี่ยนแก๊สได้ดี	อธิบายไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนอธิบาย

ข้อที่	รายการประเมิน (ต่อ)		
	นักเรียนสามารถอธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้		
	2	1	0
2. โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของกบมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตอย่างไร	อธิบายถูกต้องและครบถ้วนดังนี้ กบเป็นสัตว์สะเทินน้ำ สะเทินบก ซึ่งในแต่ละช่วงวัยใช้อวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกัน ในระยะที่เป็นลูกออดอาคัยในน้ำ และใช้เหงือก เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจะอาศัยไกล่แหล่งน้ำ และใช้ ผิวหนังที่ชื้นในการแลกเปลี่ยนแก๊ส ร่วมกับการหายใจและแลกเปลี่ยนแก๊สในปอด	อธิบายถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วนทุกประเด็น ดังนี้ กบเป็นสัตว์สะเทินน้ำ สะเทินบก ซึ่งในแต่ละช่วงวัยใช้อวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สแตกต่างกัน ในระยะที่เป็นลูกออดอาคัยในน้ำ และใช้เหงือก	อธิบายไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนอธิบาย

หมายเหตุ : ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม



ใบกิจกรรมที่ 1

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจงให้นักเรียนตอบคำถามลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

ข้อที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง (Claim)

สัตว์ต่าง ๆ มีโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างไร (ยกตัวอย่างมา 3 ชนิด)

A stylized illustration of a yellow bell tower with a grey outline, set against a background of horizontal dashed lines. The tower is flanked by two vertical grey bars.

ข้อที่ 2 หลักฐาน (Evidence)

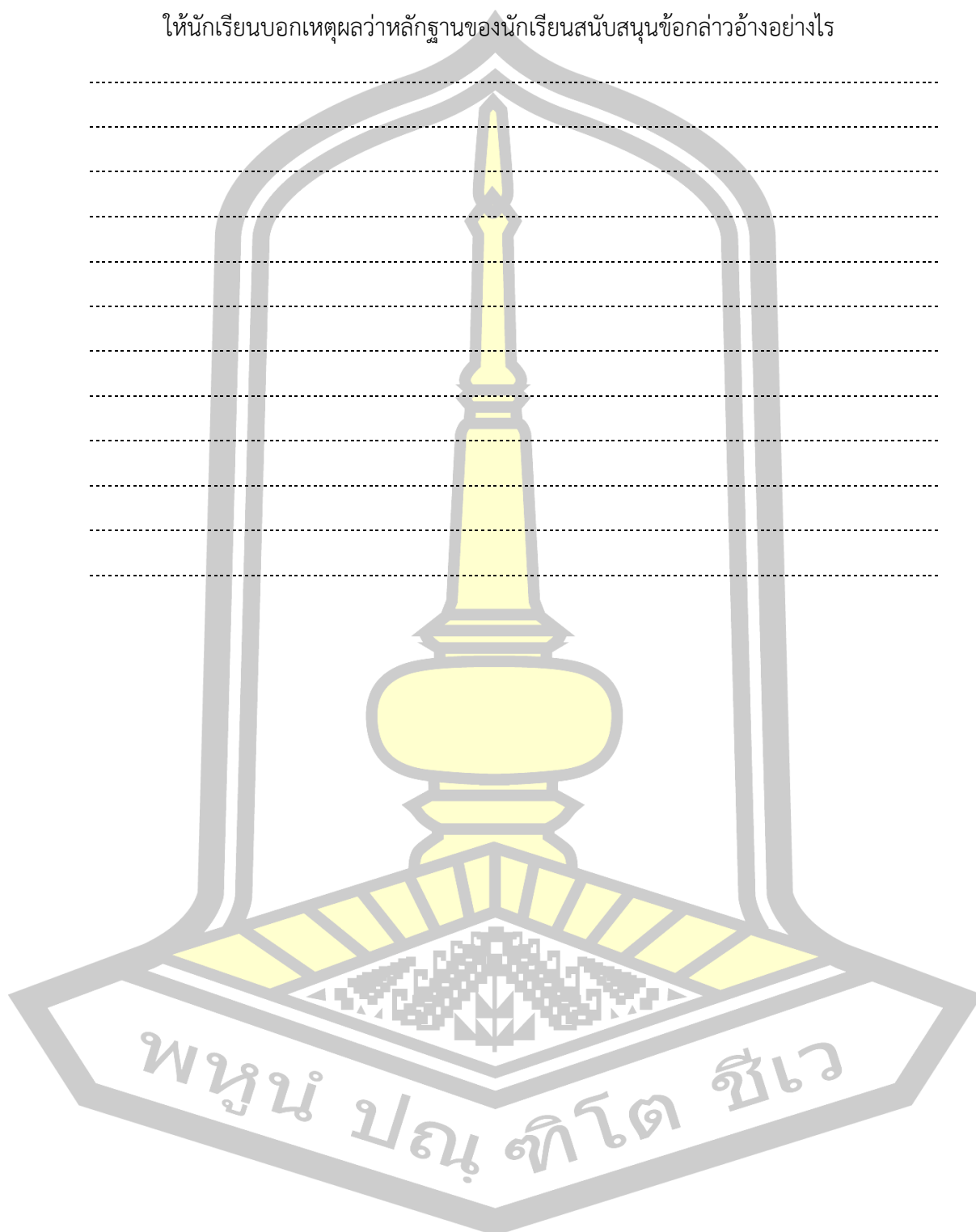
อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้นักเรียนคิดเช่นนั้น

The logo is a shield-shaped emblem. At the top is a yellow sun with rays. Below the sun is a yellow diamond shape with a black border. Inside the diamond is a black and white geometric pattern. The shield is surrounded by a grey border. The text "พหุจน์ ปณ สิตโต สีวะ" is written in Thai script across the bottom of the shield.

พหุ ม ปรณ จิต ธิเว

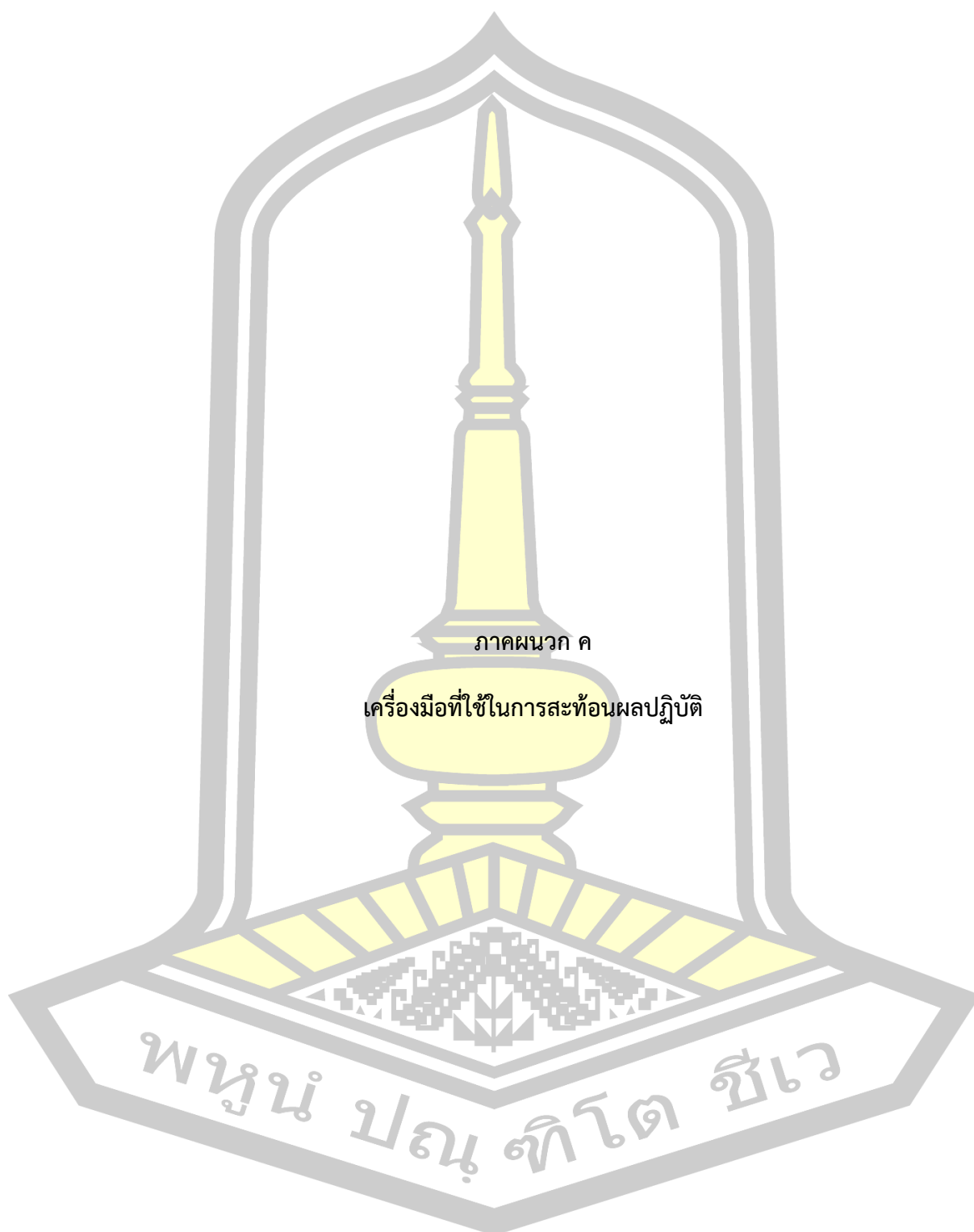
ข้อที่ 3 การให้เหตุผล (Reasoning)

ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร



เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมที่บ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่สังเกต	พฤติกรรมที่แสดง	ระดับคะแนน		
		2	1	0
การระบุข้อกล่าวอ้าง	1.นักเรียนมีการสื่อสาร พูดคุยกันเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างจากคำถาม	นักเรียนมีการสื่อสาร พูดคุยกันเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนมีการสื่อสาร พูดคุยกันเพื่อระบุข้อกล่าวอ้างแต่ไม่สอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนไม่มีการสื่อสาร พูดคุยกัน และไม่มีการระบุข้อกล่าวอ้าง
หลักฐาน	2.นักเรียนสืบค้นข้อมูล สื่อสาร พูดคุยกัน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนสามารถนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนสามารถนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่แต่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	นักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	3.นักเรียนนำเสนอด้วยการอธิบายที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำกฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประกอบในการให้เหตุผล	นักเรียนสามารถนำเสนอด้วยการอธิบาย ซึ่งแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำกฎ ทฤษฎีหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประกอบในการให้เหตุผลสอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนสามารถนำเสนอด้วยการอธิบาย ซึ่งแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำกฎ ทฤษฎีหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประกอบในการให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถาม	นักเรียนไม่สามารถนำเสนอด้วยการอธิบาย ซึ่งแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการนำกฎ ทฤษฎีหรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาประกอบในการให้เหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถาม



ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบให้ถูกต้องและครบถ้วนตามองค์ประกอบ

ข้อที่ 3

3.1 ลักษณะรูปร่างและขนาดของปอดซ้ายและปอดขวามีความแตกต่างกันหรือไม่ (ข้อกล่าวอ้าง)

3.2 อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้นักเรียนคิดเช่นนั้น (หลักฐาน)

3.3 ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (การให้เหตุผล)

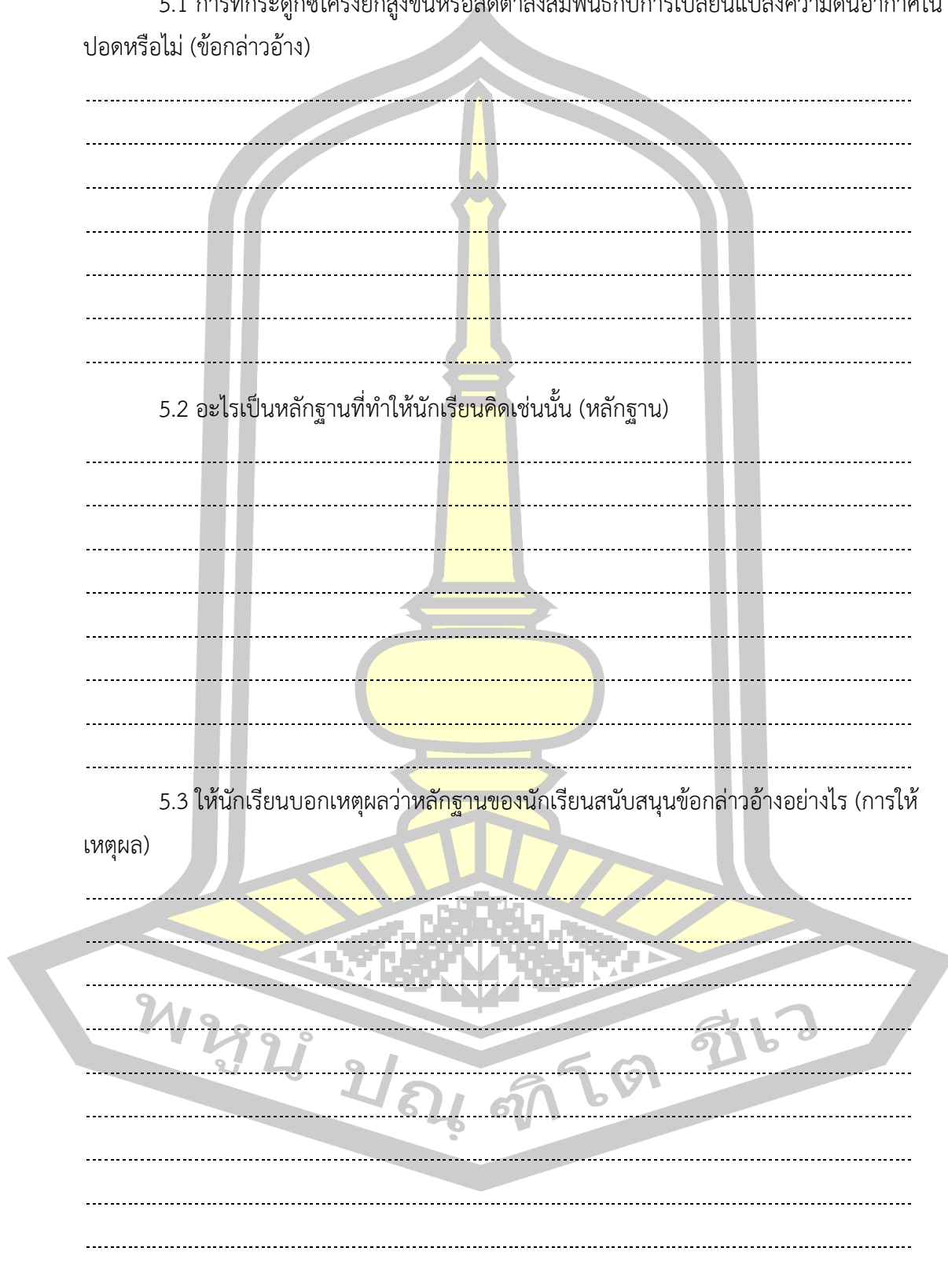
พหุ ม ปณ จิต โด ชี เว

ข้อที่ 5

5.1 การที่กระดุกซีโครงยกสูงขึ้นหรือลดต่ำลงสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศในปอดหรือไม่ (ข้อกล่าวอ้าง)

5.2 อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้นักเรียนคิดเช่นนั้น (หลักฐาน)

5.3 ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (การให้เหตุผล)



เกณฑ์ประเมินแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อ	องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
3	ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับคำถามอย่างครบถ้วน ดังนี้ แตกต่าง	ระบุข้อกล่าวอ้างสอดคล้องกับคำถามไม่ครบถ้วน ดังนี้ แตกต่าง	ระบุข้อกล่าวอ้างไม่สอดคล้องกับคำถามหรือไม่เขียนข้อกล่าวอ้าง
	หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างครบถ้วน ดังนี้ ครอบคลุมในปอดของมนุษย์ มีลักษณะผนังบาง มีพื้นที่ผิวมาก มีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบเป็นจำนวนมาก ส่วนถุงลมของนกมีผนังหนา และมีพื้นที่ผิวน้อยกว่า	ระบุหลักฐานที่สอดคล้องเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างไม่ครบถ้วน ดังนี้ ครอบคลุมในปอดของมนุษย์ มีลักษณะผนังบาง มีพื้นที่ผิวมาก มีหลอดเลือดฝอยล้อมรอบเป็นจำนวนมาก	ระบุหลักฐานที่ไม่สอดคล้องกับข้อกล่าวอ้าง หรือไม่ระบุหลักฐาน
	การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องโดยการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์อย่างครบถ้วน ดังนี้ จากลักษณะถุงลมที่แตกต่างกันดังกล่าว ทำให้ทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยถุงลมในปอดของมนุษย์ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส ส่วนถุงลมของนกทำหน้าที่สำรองอากาศ เพื่อส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่บริเวณแขนงหลอดลมในปอด	ระบุเหตุผลที่สอดคล้องโดยการเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ไม่ครบถ้วน ดังนี้ จากลักษณะถุงลมที่แตกต่างกันดังกล่าว ทำให้ทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยถุงลมในปอดของมนุษย์ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส	ระบุเหตุผลที่ไม่สอดคล้องระหว่าง การเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ระบุเหตุผล

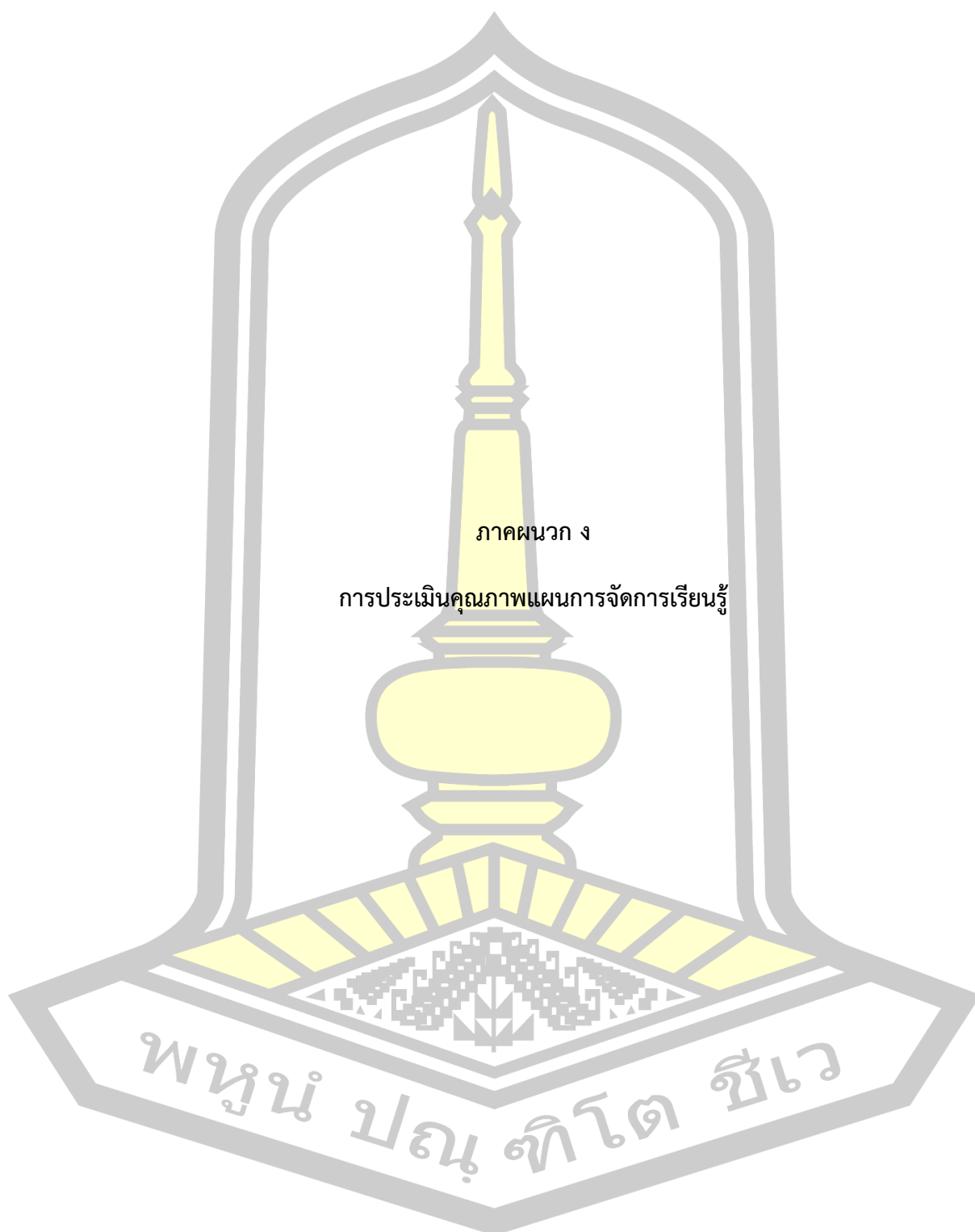
เกณฑ์ประเมินแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อ	องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
5	ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับคำถาม อย่างครบถ้วน ดังนี้ สัมพันธ์กัน	ระบุข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับคำถามไม่ ครบถ้วน ดังนี้ สัมพันธ์ กันบางส่วน	ระบุข้อกล่าวอ้างไม่ สอดคล้องกับคำถาม หรือไม่เขียนข้อกล่าว อ้าง
	หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่ สอดคล้องเพื่อ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง อย่างครบถ้วน ดังนี้ กระดุกซีไครงยกสูงขึ้น ทำให้ความดันอากาศ ในปอดลดลง เมื่อ กระดุกซีไครงลดต่ำลง ทำให้ความดันใน อากาศเพิ่มขึ้น	ระบุหลักฐานที่ สอดคล้องเพื่อ สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ไม่ครบถ้วน ดังนี้ กระดุกซีไครงยกสูงขึ้น ทำให้ความดันอากาศ ในปอดลดลง	ระบุหลักฐานที่ไม่ สอดคล้องกับข้อกล่าว อ้าง หรือไม่ระบุ หลักฐาน
	การให้เหตุผล	ระบุเหตุผลที่สอดคล้อง โดยการเชื่อมโยง หลักฐานและข้อกล่าว อ้าง โดยใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์อย่าง ครบถ้วน ดังนี้ การ หายใจเข้า กล้ามเนื้อ กะบังลมหดตัว กะบัง ลมจะเคลื่อนต่ำลง ขณะที่กล้ามเนื้อ ระหว่างกระดุกซีไครง แถบนอกหดตัว ทำให้ กระดุกซีไครงยกสูงขึ้น ปริมาตรในช่องอก เพิ่มขึ้น ความดัน ภายในปอดลดลง อากาศภายนอกจะ เคลื่อนเข้าสู่ปอด ส่วน	ระบุเหตุผลที่สอดคล้อง โดยการเชื่อมโยง หลักฐานและข้อกล่าว อ้าง โดยใช้หลักการ ทางวิทยาศาสตร์ไม่ ครบถ้วน ดังนี้ การ หายใจเข้า กล้ามเนื้อ กะบังลมหดตัว กะบัง ลมจะเคลื่อนต่ำลง ขณะที่กล้ามเนื้อ ระหว่างกระดุกซีไครง แถบนอกหดตัว ทำให้ กระดุกซีไครงยกสูงขึ้น ปริมาตรในช่องอก เพิ่มขึ้น ความดัน ภายในปอดลดลง อากาศภายนอกจะ เคลื่อนเข้าสู่ปอด	ระบุเหตุผลที่ไม่ สอดคล้องระหว่าง การเชื่อมโยงหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง โดย ใช้หลักการทาง วิทยาศาสตร์ หรือไม่ ระบุเหตุผล

เกณฑ์ประเมินแบบวัดการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อ	องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
		2	1	0
		การหายใจออก กลัมน้ำกะบังลม คลายตัว กะบังลมจะ โค้งขึ้น กลัมน้ำ ระหว่างกระดูกซี่โครง แบนนอกคลายตัว ทำ ให้กระดูกซี่โครงลด ต่ำลง ปริมาตรในช่อง อกลดลง ความดัน อากาศในปอดเพิ่มขึ้น อากาศจะเคลื่อนออก จากปอดสู่ภายนอก		





แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชา ชีววิทยา 4

เรื่อง ระบบหายใจ

แผนการสอนที่.....

เวลาที่ใช้สอน.....ชั่วโมง

คำชี้แจง แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้
กรุณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของแผนการจัดการ
เรียนรู้

ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
1.สาระสำคัญ						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
2.จุดประสงค์การเรียนรู้						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
3.กระบวนการจัดการเรียนรู้						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
3.3	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 1 ขึ้นสร้างแรงจูงใจ					

ข้อที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 ขั้นการเรียนรู้โดยตรง					
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 ขั้นสรุปองค์ความรู้					
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 ขั้นรายงานและนำเสนอ					
3.7	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 ขั้นเผยแพร่ความรู้					
4.สื่อ/แหล่งเรียนรู้						
4.1	สื่อ/แหล่งเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน					
5.การวัดและประเมินผลการเรียนรู้						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง					

ข้อเสนอแนะ

ด้านเนื้อหาสาระ

.....

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

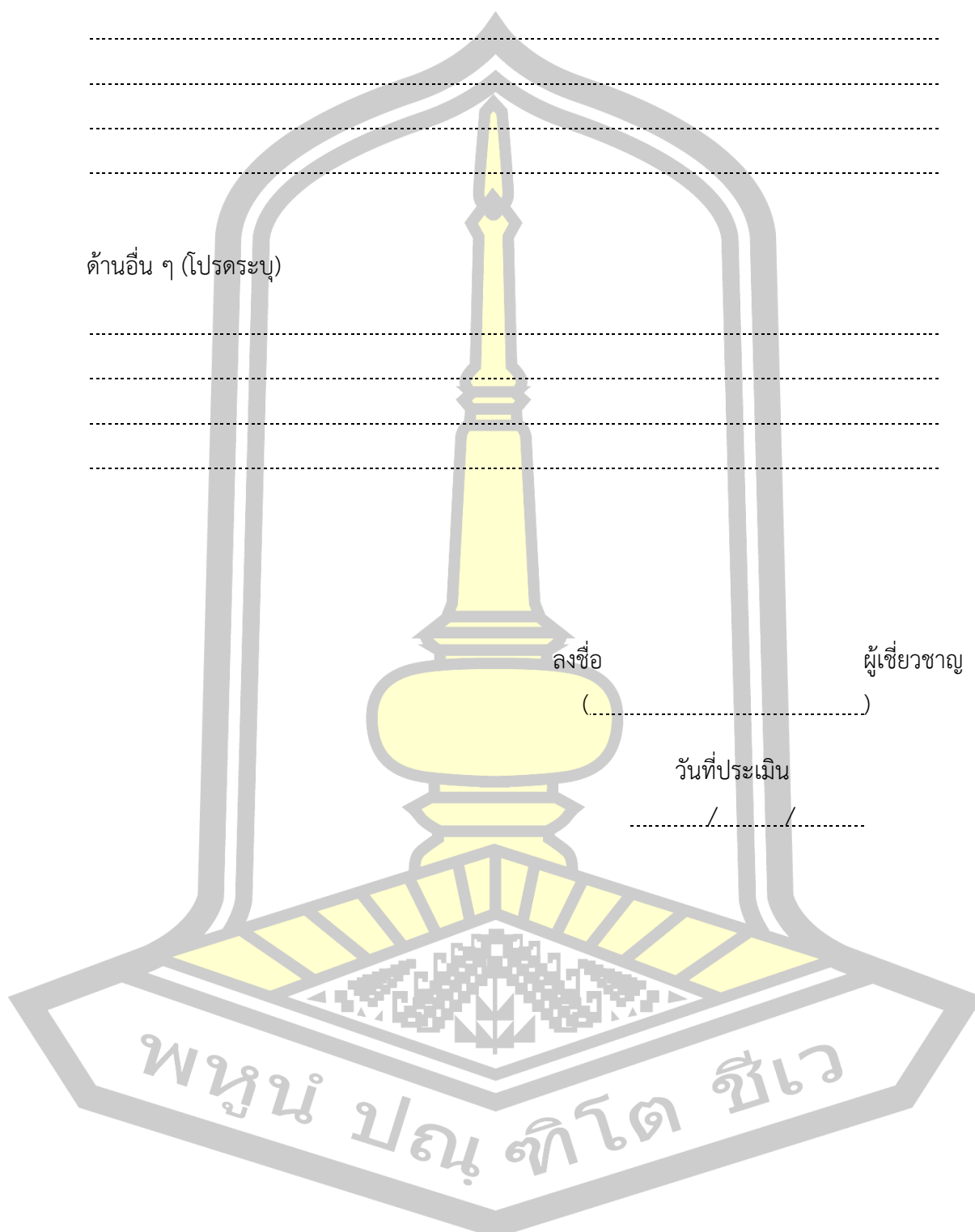
.....

.....

.....

ด้านการวัดและประเมินผล

ด้านอื่น ๆ (โปรดระบุ)



ตารางที่ 22 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	5	4	5	14	4.67
1.2	5	4	5	14	4.67
1.3	5	4	5	14	4.67
2.1	5	5	5	15	5
2.2	4	5	5	14	4.67
3.1	5	5	5	15	5
3.2	5	4	5	14	4.67
3.3	5	5	4	14	4.67
3.4	4	5	5	14	4.67
3.5	5	5	4	14	4.67
3.6	4	5	5	14	4.67
3.7	4	5	5	14	4.67
4.1	4	2	5	11	3.67
4.2	4	2	5	11	3.67
5.1	4	3	4	11	3.67
5.2	5	3	5	13	4.33
5.3	4	3	5	12	4
เฉลี่ย	4.53	4.06	4.82	13.41	4.47
	4.47				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมาก				

ตารางที่ 23 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	5	4	5	14	4.67
1.2	4	4	5	13	4.33
1.3	4	4	5	13	4.33
2.1	4	4	5	13	4.33
2.2	4	3	5	12	4
3.1	5	4	5	14	4.67
3.2	4	5	5	14	4.67
3.3	5	4	4	13	4.33
3.4	5	4	4	13	4.33
3.5	5	5	5	15	5
3.6	4	5	5	14	4.67
3.7	4	5	4	13	4.33
4.1	5	4	5	14	4.67
4.2	4	4	5	13	4.33
5.1	5	4	5	14	4.67
5.2	5	4	5	14	4.67
5.3	4	4	5	13	4.33
เฉลี่ย	4.47	4.18	4.82	13.47	4.49
	4.49				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมาก				



ตารางที่ 24 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	4	4	5	13	4.33
1.2	5	4	5	14	4.67
1.3	4	4	5	13	4.33
2.1	5	5	5	15	5
2.2	5	5	5	15	5
3.1	4	5	5	14	4.67
3.2	4	4	5	13	4.33
3.3	5	5	4	14	4.67
3.4	5	5	5	15	5
3.5	5	5	4	14	4.67
3.6	5	5	5	15	5
3.7	4	5	4	13	4.33
4.1	5	3	5	13	4.33
4.2	4	3	5	12	4
5.1	5	4	5	14	4.67
5.2	4	4	5	13	4.33
5.3	5	4	5	14	4.67
เฉลี่ย	4.59	4.35	4.82	13.76	4.59
	4.59				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมากที่สุด				

ตารางที่ 25 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	4	4	5	13	4.33
1.2	4	4	5	13	4.33
1.3	5	4	5	14	4.67
2.1	5	5	5	15	5
2.2	5	5	5	15	5
3.1	4	4	5	13	4.33
3.2	5	5	5	15	5
3.3	4	5	4	13	4.33
3.4	4	5	5	14	4.67
3.5	5	5	4	14	4.67
3.6	5	5	5	15	5
3.7	4	5	4	13	4.33
4.1	4	3	5	12	4
4.2	5	3	5	13	4.33
5.1	4	4	5	13	4.33
5.2	5	3	5	13	4.33
5.3	4	3	5	12	4
เฉลี่ย	4.47	4.24	4.82	13.53	4.51
	4.51				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมากที่สุด				



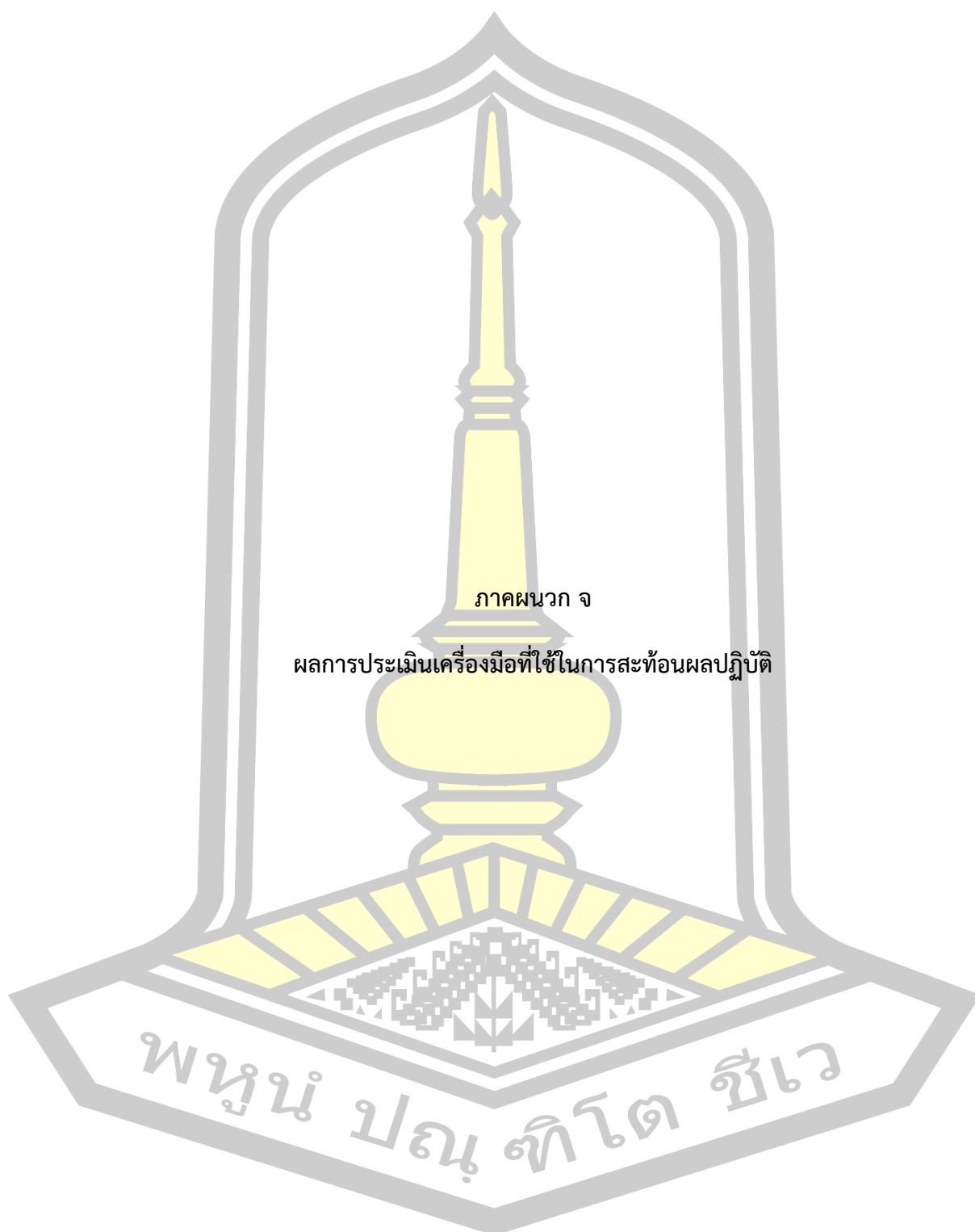
ตารางที่ 26 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	5	4	5	14	4.67
1.2	5	4	5	14	4.67
1.3	4	4	5	13	4.33
2.1	5	4	5	14	4.67
2.2	4	5	5	14	4.67
3.1	5	3	5	13	4.33
3.2	5	3	5	13	4.33
3.3	4	3	4	11	3.67
3.4	5	3	5	13	4.33
3.5	4	3	4	11	3.67
3.6	5	3	5	13	4.33
3.7	4	3	4	11	3.67
4.1	5	3	5	13	4.33
4.2	4	3	5	12	4
5.1	5	2	5	12	4
5.2	5	2	5	12	4
5.3	4	3	5	12	4
เฉลี่ย	4.59	3.24	4.82	12.65	4.22
	4.21				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมาก				



ตารางที่ 27 ผลการพิจารณาประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้
เรื่อง ระบบหายใจ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6

รายการ ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวมคะแนน	ความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1.1	5	4	5	14	4.67
1.2	4	4	5	13	4.33
1.3	5	4	5	14	4.67
2.1	4	3	5	12	4
2.2	4	4	5	13	4.33
3.1	5	4	5	14	4.67
3.2	5	4	5	14	4.67
3.3	4	3	4	11	3.67
3.4	4	4	5	13	4.33
3.5	5	4	4	13	4.33
3.6	4	4	5	13	4.33
3.7	4	4	4	12	4
4.1	5	3	5	13	4.33
4.2	4	3	5	12	4
5.1	5	3	5	13	4.33
5.2	5	3	5	13	4.33
5.3	4	3	5	12	4
เฉลี่ย	4.47	3.59	4.82	12.88	4.29
	4.29				
ระดับคุณภาพ	เหมาะสมมาก				



ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อ ที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
2	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้	+1	+1	0	1	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ได้	+1	+1	0	1	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	0	1	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
3	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
4	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
6	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการ
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบาย
เชิงวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
7	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
8	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการแลกเปลี่ยนแก๊สและกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการ
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิง
วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
9	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
10	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตารางที่ 28 ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับผลการเรียนรู้การวัดความสามารถในการ
สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิง
วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ			รวม คะแนน	IOC	แปล ผล
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
11	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
12	นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานเชิงประจักษ์มาสนับสนุนคำตอบของคำถามจากปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาของการทำงานของปอดและปริมาตรของอากาศในการหายใจออกของมนุษย์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
	นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง โดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เลขที่	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย
	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
1	4	3	4	2	5	2	4	3	4	2	5	2
2	4	4	4	3	5	3	4	4	5	1	5	3
3	4	4	5	3	5	2	6	3	5	2	4	2
4	4	2	4	2	4	3	4	3	5	2	4	2
5	5	2	5	2	6	2	4	3	6	4	5	4
6	6	2	4	2	6	2	4	3	5	2	5	3
7	5	4	4	2	4	3	5	1	5	2	6	2
8	4	3	4	4	4	2	5	3	6	2	5	2
9	4	4	4	4	5	3	5	2	6	2	6	2
10	6	3	4	4	4	2	5	3	5	2	5	2
11	4	3	4	4	5	2	4	3	5	4	6	3
12	6	3	4	4	6	3	6	3	5	2	5	3
13	4	4	4	4	4	3	6	3	5	2	6	3
14	4	3	5	4	6	2	5	3	5	4	6	3
15	4	2	5	3	6	2	5	3	5	3	6	3

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เลขที่	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย
	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
16	4	2	4	3	6	3	5	4	5	4	6	3
17	5	3	6	3	4	2	5	3	5	3	6	2
18	5	3	6	4	6	2	6	4	5	2	6	4
19	4	3	6	3	5	2	6	3	5	3	6	4
20	4	3	4	4	5	2	5	3	6	4	5	4
21	6	3	6	4	5	3	6	3	4	4	5	3
22	4	4	6	4	4	3	5	3	5	2	6	2
23	6	4	4	3	6	3	5	3	5	2	5	2
24	5	4	4	3	4	3	5	3	5	2	4	4
25	4	3	5	3	5	3	5	4	5	2	4	4
26	4	3	6	4	5	3	4	3	4	4	5	4
27	6	3	5	3	4	3	4	3	5	2	6	2
28	5	4	6	3	5	2	5	3	5	4	5	3
29	5	2	5	4	4	3	6	2	5	4	5	3
30	6	3	5	3	6	3	5	3	4	2	5	4

ตารางที่ 29 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เลขที่	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4		แผนที่ 5		แผนที่ 6	
	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบ กิจกรรม	แบบทดสอบย่อย
	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4
31	6	4	4	4	5	3	4	3	5	3	5	4
32	5	3	4	4	5	3	4	3	5	3	5	4
33	5	3	5	3	6	2	5	3	6	4	6	3
34	5	3	6	3	5	3	5	3	4	3	5	2
35	4	3	4	3	6	3	5	3	5	3	4	2
36	5	3	4	4	6	3	6	3	5	3	6	2
รวม	171	112	169	119	182	93	178	108	180	99	189	104
เฉลี่ย	4.75	3.11	4.69	3.31	5.10	2.58	4.94	3	5	2.75	5.25	2.88
S.D.	0.81	0.67	0.82	0.71	0.79	0.5	0.71	0.53	0.53	0.91	0.69	0.82
ร้อยละ	79.17	77.78	78.24	82.64	84.26	64.58	82.41	75	83.33	68.75	87.50	72.22

ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)				รวมทั้งหมด	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)	
	รวม		สัดส่วน			แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	
	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย			
	36 คะแนน	24 คะแนน	60%	40%		36 คะแนน	100%
1	26	14	43.33	23.33	66.67	25	69.44
2	27	18	45	30	75	27	75
3	29	16	48.33	26.67	75	26	72.22
4	25	14	41.67	23.33	65	22	61.11
5	31	17	51.67	28.33	80	30	83.33
6	30	14	50	23.33	73.33	26	72.22
7	29	14	48.33	23.33	71.67	24	66.67
8	28	16	46.67	26.67	73.33	27	75
9	30	17	50	28.33	78.33	29	80.56
10	29	16	48.33	26.67	75	26	72.22
11	28	19	46.67	31.67	78.33	28	77.78
12	32	18	53.33	30	83.33	30	83.33
13	29	19	48.33	31.67	80	29	80.56

ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)				รวมทั้งหมด	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)	
	รวม		สัดส่วน			แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	
	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย			
	36 คะแนน	24 คะแนน	60%	40%	36 คะแนน		100%
14	31	19	51.67	31.67	83.33	28	77.78
15	31	16	51.67	26.67	78.33	27	75
16	30	19	50	31.67	81.67	29	80.56
17	31	16	51.67	26.67	78.33	28	77.78
18	34	19	56.67	31.67	88.33	30	83.33
19	32	18	53.33	30	83.33	29	80.56
20	29	20	48.33	33.33	81.67	26	72.22
21	32	20	53.33	33.33	86.67	30	83.33
22	30	18	50	30	80	27	75
23	31	17	51.67	28.33	80	30	83.33
24	27	19	45	31.67	76.67	28	77.78
25	28	19	46.67	31.67	78.33	29	80.56
26	28	21	46.67	35	81.67	31	86.11

ตารางที่ 30 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ MACRO Model เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (ต่อ)

เลขที่	ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E ₁)				รวมทั้งหมด	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂)	
	รวม		สัดส่วน			แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	
	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย	ใบกิจกรรม	แบบทดสอบย่อย			
	36 คะแนน	24 คะแนน	60%	40%	36 คะแนน		100%
27	30	16	50	26.67	76.67	27	75
28	31	19	51.67	31.67	83.33	31	86.11
29	30	18	50	30	80	26	72.22
30	31	18	51.67	30	81.67	29	80.56
31	29	21	48.33	35	83.33	26	72.22
32	28	20	46.67	33.33	80	27	75
33	33	18	55	30	85	30	83.33
34	30	17	50	28.33	78.33	27	75
35	28	17	46.67	28.33	75	29	80.56
36	32	18	53.33	30	83.33	28	77.78
เฉลี่ย	29.69	17.64	49.49	29.40	78.89	27.81	77.24
S.D.	1.95	1.90	3.26	3.17	4.99	2.00	5.55
ร้อยละ	82.48	73.50	82.48	73.50	78.89	77.24	77.24

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

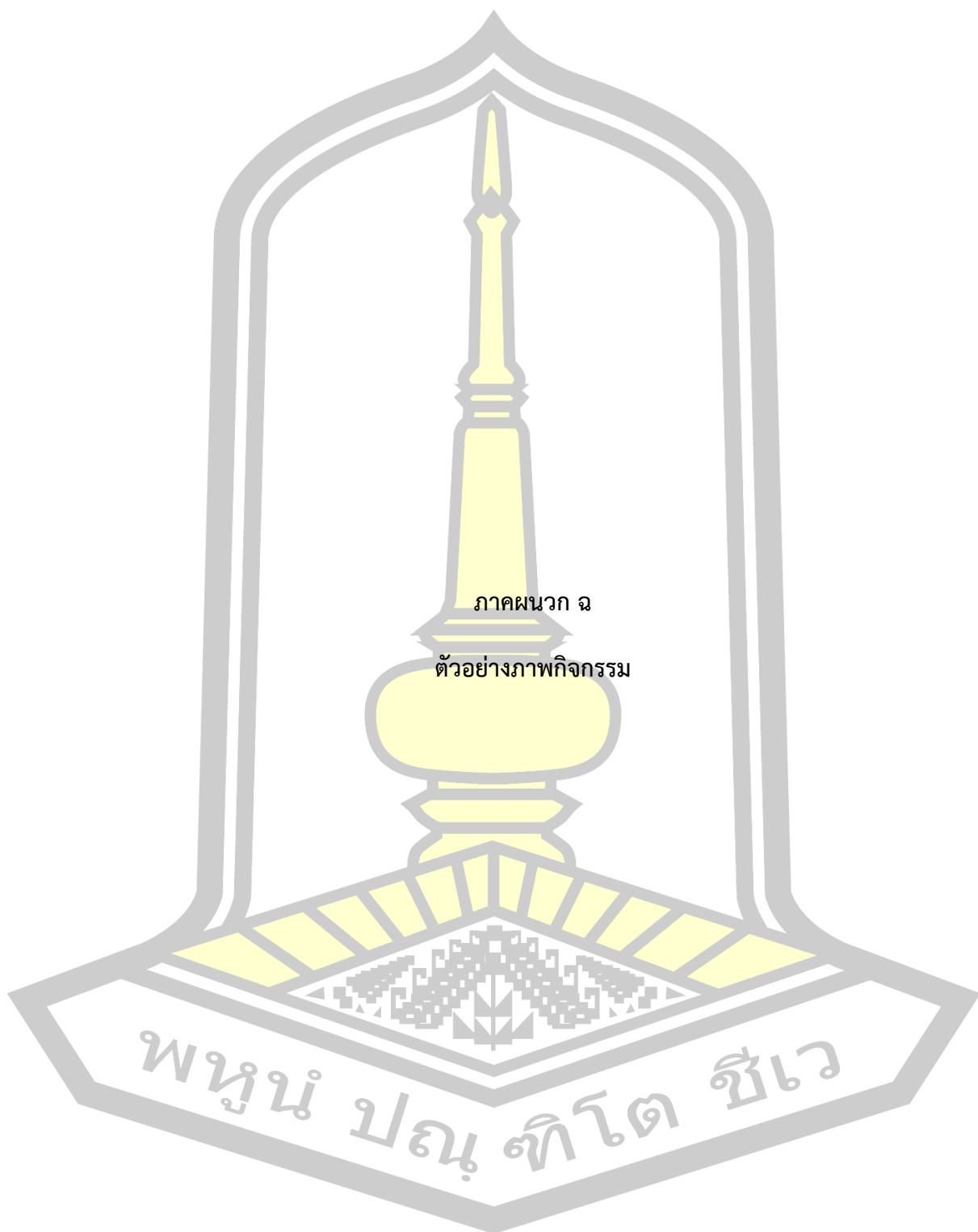
เลขที่	คะแนนรายด้าน																		รวม 36 คะแนน	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
	ข้อกล่าวอ้าง (12 คะแนน)						หลักฐาน (12 คะแนน)						การให้เหตุผล (12 คะแนน)								
	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6			
1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	25	69.44	ดี
2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	27	75	ดีมาก
3	1	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	26	72.22	ดี
4	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	61.11	ดี
5	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	30	83.33	ดีมาก
6	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	1	26	72.22	ดี
7	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	24	66.67	ดี
8	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	27	75	ดีมาก
9	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	29	80.56	ดีมาก
10	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	26	72.22	ดี
11	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	28	77.78	ดีมาก
12	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	30	83.33	ดีมาก
13	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	29	80.56	ดีมาก
14	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	28	77.78	ดีมาก

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

เลข ที่	คะแนนรายด้าน																		รวม 36 คะแนน	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
	ข้อกล่าวอ้าง (12 คะแนน)						หลักฐาน (12 คะแนน)						การให้เหตุผล (12 คะแนน)								
	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6			
15	2	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	27	75	ดีมาก
16	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	29	80.56	ดีมาก
17	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	28	77.78	ดีมาก
18	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	30	83.33	ดีมาก
19	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	29	80.56	ดีมาก
20	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	26	72.22	ดี
21	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	30	83.33	ดีมาก
22	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	27	75	ดีมาก
23	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	30	83.33	ดีมาก
24	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	28	77.78	ดีมาก
25	1	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	3	1	1	2	2	1	29	80.56	ดีมาก
26	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	31	86.11	ดีมาก
27	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	27	75	ดีมาก
28	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	31	86.11	ดีมาก

ตารางที่ 31 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

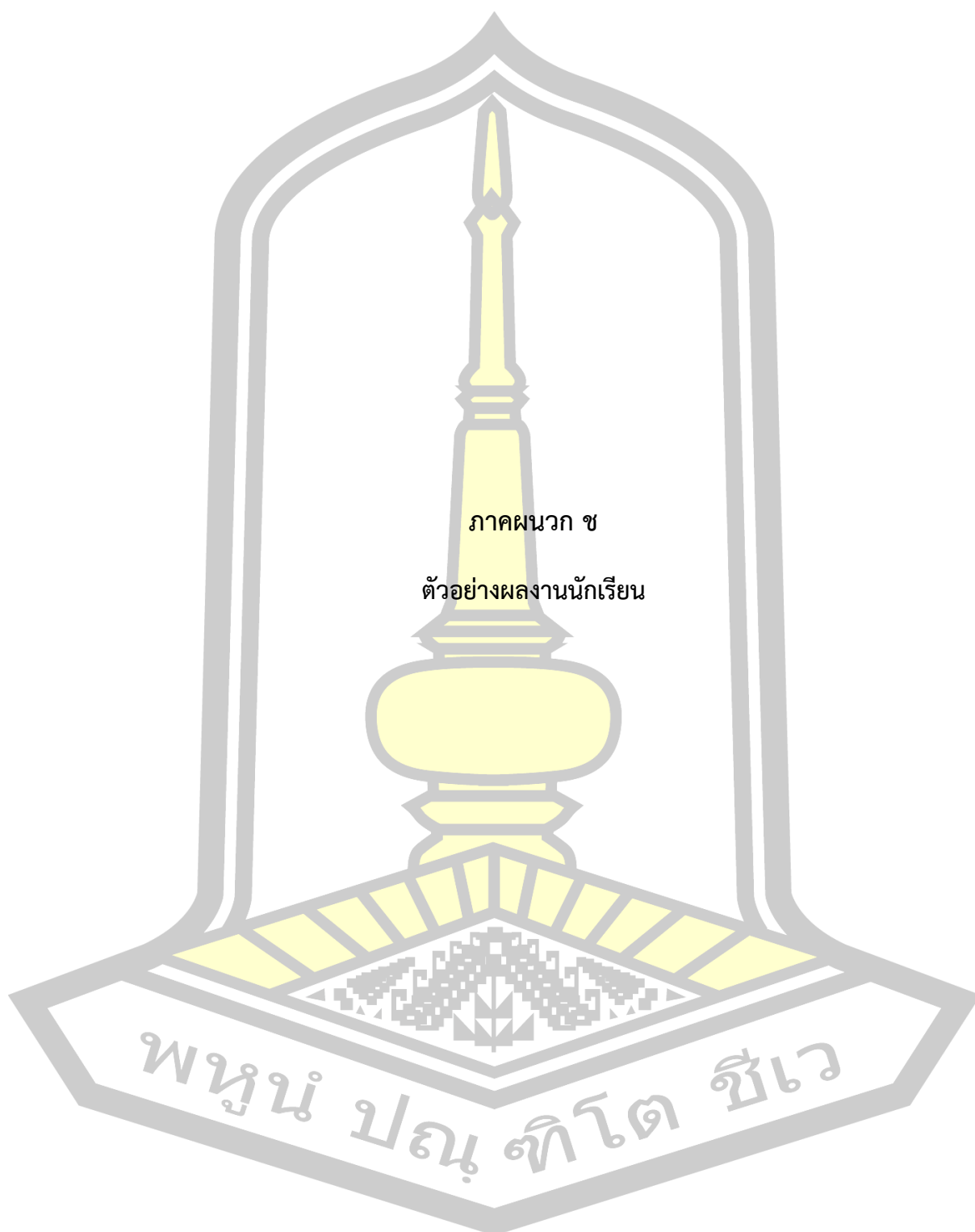
เลขที่	คะแนนรายด้าน																		รวม 36 คะแนน	ร้อยละ	ระดับ ความสามารถ
	ข้อกล่าวอ้าง (12 คะแนน)						หลักฐาน (12 คะแนน)						การให้เหตุผล (12 คะแนน)								
	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6	ข้อ ที่ 1	ข้อ ที่ 2	ข้อ ที่ 3	ข้อ ที่ 4	ข้อ ที่ 5	ข้อ ที่ 6			
29	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	26	72.22	ดี
30	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	29	80.56	ดีมาก
31	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	26	72.22	ดี
32	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	27	75	ดีมาก
33	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	30	83.33	ดีมาก
34	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	27	75	ดีมาก
35	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	29	80.56	ดีมาก
36	2	2	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	28	77.78	ดีมาก
เฉลี่ย																			27.81	ดีมาก	
S.D.																			2.00		
ร้อยละ																			77.24		











แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ชื่อ-นามสกุล นาง สุริยา สารฤทธิ์ ชั้น ม.5/2 เลขที่ 12

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษคำตอบให้ถูกต้องและครบถ้วนตามองค์ประกอบ

ผลการเรียนรู้ข้อที่ 4 สืบค้นข้อมูล อธิบาย และเปรียบเทียบโครงสร้างที่ทำหน้าที่และเปลี่ยนแปลงของพองน้ำ
ไฮโดรรา พลาเนเรีย ไส้เดือนดิน แมลง ปลา กบ และนก

ข้อที่ 1

1.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของพองน้ำ ไฮโดรรา พลาเนเรีย และไส้เดือนดินเหมือนหรือแตกต่างกัน (ข้อกล่าวอ้าง)

แตกต่างกัน เพราะ พองน้ำ ไฮโดรรา พลาเนเรีย แลกเปลี่ยนแก๊สโดย เซลล์ ส่วนไส้เดือนดิน แลกเปลี่ยนแก๊สโดยผิวหนัง

2

1.2 อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้ให้นักเรียนคิดเช่นนั้น (หลักฐาน)

พองน้ำ ไฮโดรรา พลาเนเรีย เป็นสัตว์ขนาดเล็ก และจึงไม่ซับซ้อนในการแลกเปลี่ยน gas อาศัยอยู่ในน้ำ จึงใช้เซลล์ cell สัมผัสกับ gas โดยตรง ส่วนไส้เดือนดินอาศัยอยู่ในดินที่ชื้น จึงใช้ผิวหนังที่บาง และชื้นในการแลกเปลี่ยน gas

2

1.3 ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (การให้เหตุผล)

เพราะ พองน้ำ ไฮโดรรา พลาเนเรีย เป็นสัตว์ชั้นต่ำที่อยู่อาศัยในน้ำ จึงใช้เซลล์ cell ในการแลกเปลี่ยน gas ส่วนไส้เดือนดินอาศัยอยู่ในดินที่ชื้น จึงใช้ผิวหนังที่บาง และชื้นใช้ในการแลกเปลี่ยน gas

2

(6)

ผลการเรียนรู้ข้อที่ 5 สังเกต และอธิบายโครงสร้างของปอดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ข้อที่ 2

2.1 เมื่อตัดเนื้อปอดเป็นชิ้นขนาดเล็กใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำจะเกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด (ข้อกล่าวอ้าง)

ชิ้นเนื้อปอดจะลอยอยู่บนน้ำ

2

2.2 อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้ให้นักเรียนคิดเช่นนั้น (หลักฐาน)

เนื้อปอด มีลักษณะ พองนูน คล้ายฟองน้ำ และ มีเยื่อหุ้มห่อหุ้มอยู่ภายในเนื้อปอด

2

2.3 ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (การให้เหตุผล)

ภายในปอด ประกอบด้วยหลอดลม ที่แตก แขนง เล็กๆ เป็นหลอดลมฝอย
ปลายหลอดลมฝอย จะ เรื่อมต่อกับถุงลม ภายในถุงลม มีเยื่อหุ้มห่อหุ้มอยู่
ทำให้ ชิ้นเนื้อ ปอดลอยน้ำได้

2

ใบกิจกรรมที่ 4

ชื่อ-สกุล นาย สรวิชา สารฤทธิ์ ชั้น ม.5/2 เลขที่ 12

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามลงในช่องว่างให้ถูกต้อง

ข้อที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง (Claim)

ร่างกายมนุษย์มีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นที่ใดบ้าง

เกิดขึ้นที่ - ปอด
- เนื้อเยื่อ

2

ข้อที่ 2 หลักฐาน (Evidence)

อะไรเป็นหลักฐานที่ทำให้นักเรียนคิดเช่นนั้น

ร่างกายมนุษย์ เกิด การแลกเปลี่ยน gas ที่ปอด และ เนื้อเยื่อ โดยมี cell เม็ดเลือดแดง และ เม็ดเลือดขาว
ในเส้นเลือดฝอย เป็น ตัวกลาง ในการลำเลียง gas ไปยังปอดและ เนื้อเยื่อ

2

ข้อที่ 3 การให้เหตุผล (Reasoning)

ให้นักเรียนบอกเหตุผลว่าหลักฐานของนักเรียนสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างไร (การให้เหตุผล)

gas ที่ถูก ลิ้มเล็งง ไดดง เล็ดดมี 2 ชนิด

คือ 1. O_2 ลิ้มเล็งง สู่ร่งภจ จกปอดเข้าสู่เลือด แล้วกร- จงไปจ่งเนื้อื่อต่าง ๆ2. CO_2 ลิ้มเล็งง ออกจกร่งภจ จกเนื้อื่อต่าง ๆ เข้าสู่เลือด และลิ้มเล็งง ไปจับ ออกนอกร่งภจที่ปอด

2

ใบงานที่ 4

ชื่อ-สกุล นาย สุริยา สารฤทธิ์

ชั้น ม. 9/1 เลขที่ 12

คำชี้แจง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. บริเวณใดของร่างกายมีความดันย่อยของ O_2 สูงที่สุด และต่ำที่สุด เพราะเหตุใด (4 คะแนน)

- O_2 สูงสุด คือ ที่บริเวณปอด เพราะ ฮีโมโกลบินจับ O_2 ได้ดีที่สุดที่ปอด
- O_2 ต่ำสุด คือ ที่บริเวณเนื้อเยื่อ เพราะ ปล่อยมาจากการจับ O_2

2

2. ถ้าวางกายได้รับ CO_2 มากจะส่งผลต่อความเป็นกรด-เบสของเลือดอย่างไร (4 คะแนน)

เมื่อร่างกายได้รับ CO_2 มาก เลือดจะได้รับ CO_2 เคลื่อนที่ไปทั่ว O_2 เลือดจึงมีฤทธิ์เป็นกรด ทำให้ร่างกายขาด O_2 ทำให้ร่างกายมี O_2 ไปสู่สายสารอาหารได้น้อย จึงทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย ดังนั้น เมื่อเลือดเป็น กรด อัตราการหายใจจะเร็วขึ้น เมื่อลดปริมาณ CO_2 ในร่างกาย และจะกลับสู่สภาวะปกติเมื่อ CO_2 และ O_2 มีปริมาณที่ปกติ

4

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวจันทร์สุดา จันทะขำนิ
วันเกิด	วันที่ 15 มกราคม 2540
สถานที่เกิด	อำเภอ กมลาไสย จังหวัด กาฬสินธุ์
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 38 หมู่ 4 บ้านนามล ตำบลโคกสมบูรณ์ อำเภอกมลาไสย จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนามลวิทยาการ พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนอนุกุลนารี พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาชีววิทยา คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูน ปณ จิโต ชีเว