



การพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา
จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิง
วิทยาศาสตร์

วิทยานิพนธ์
ของ
จิรินทร์ นันทะเสน

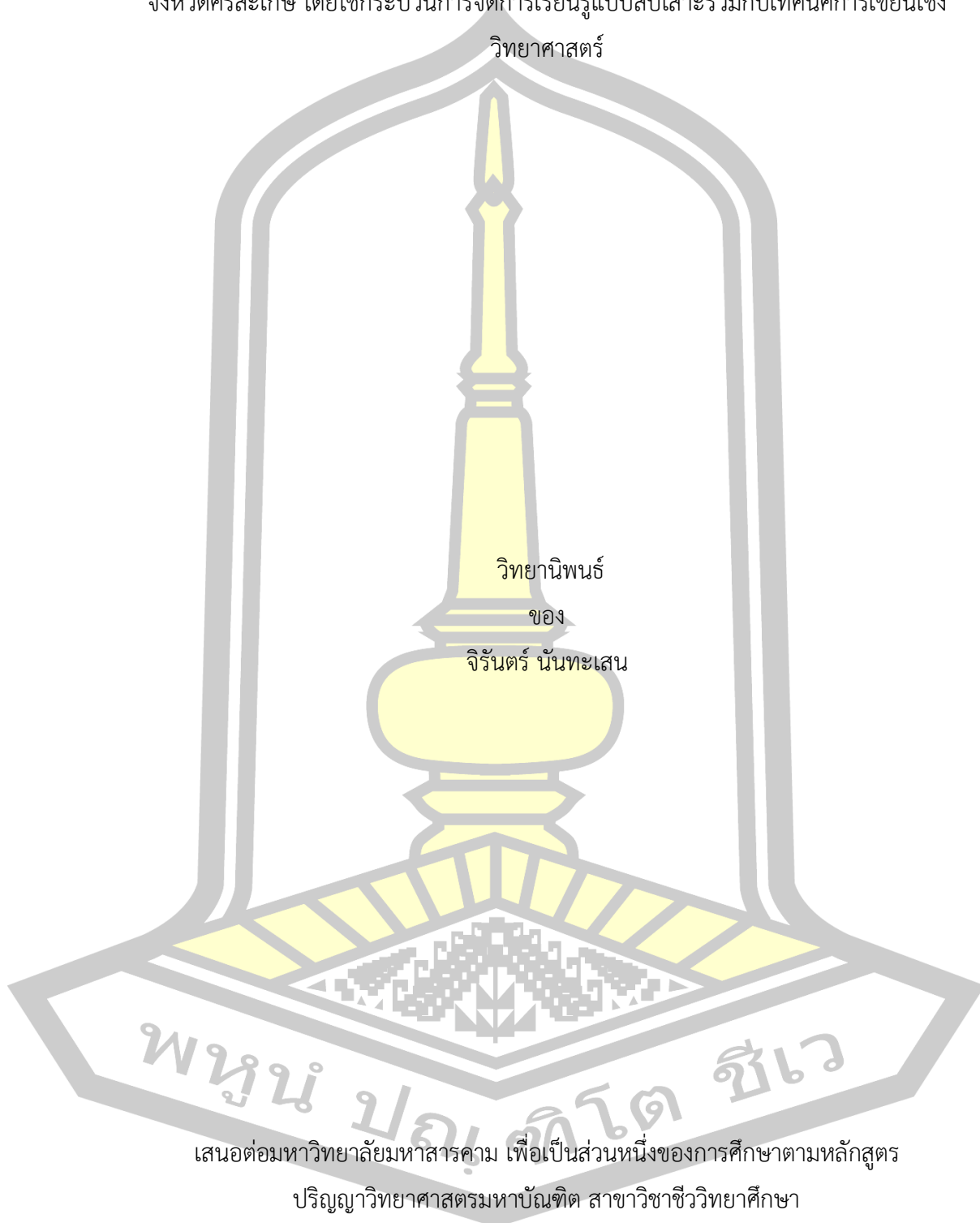
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีพศึกษาศาสตร์

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา
จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิง

วิทยาศาสตร์



วิถยานิพนธ์

ของ

จิรันตร์ นันทะเสน

พูน ปุณฺณดิโต ชีวะ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

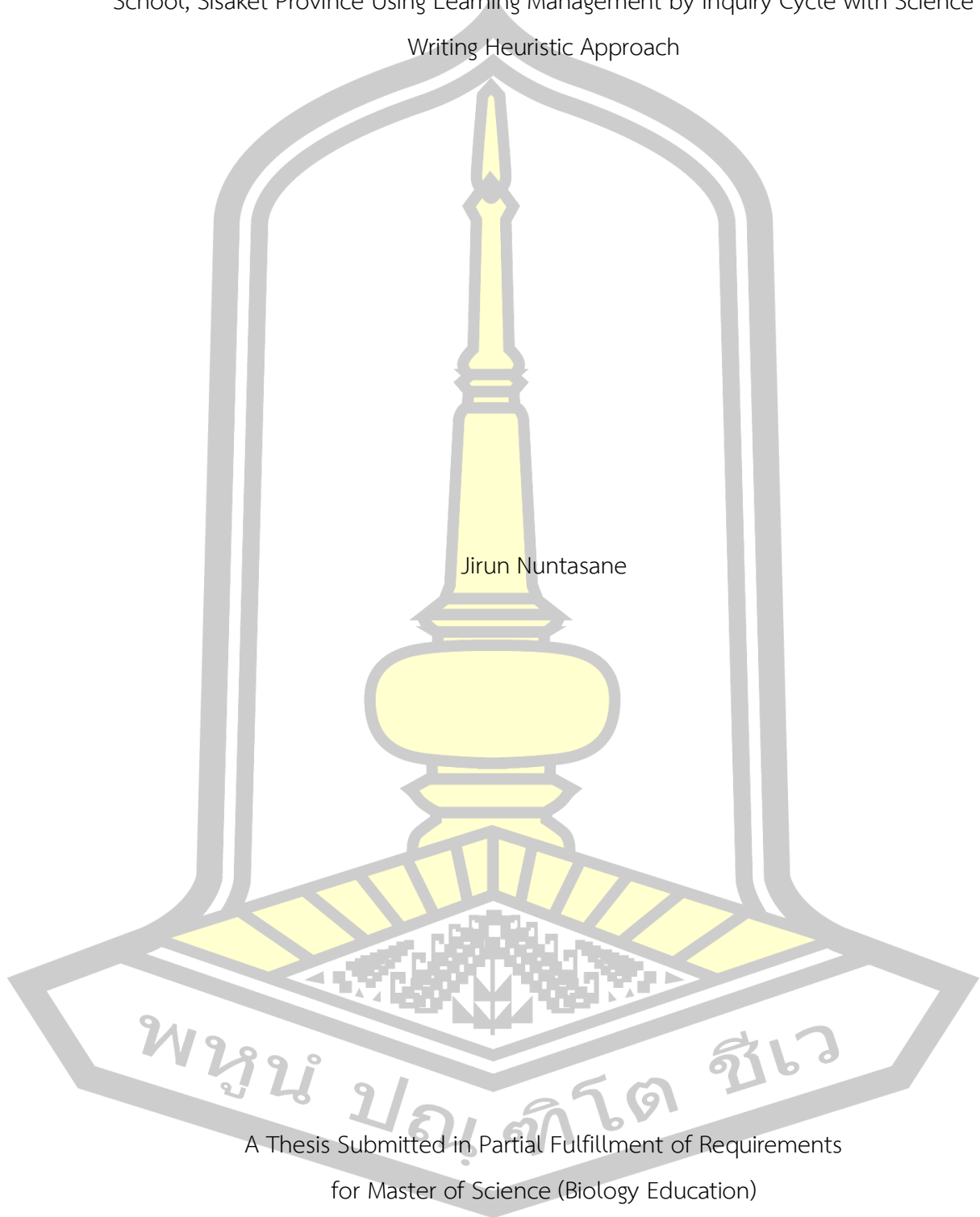
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา

พฤษภาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Scientific Writing of Mathayomsuksa 3 Students in Nongareepittaya
School, Sisaket Province Using Learning Management by Inquiry Cycle with Science
Writing Heuristic Approach

Jirun Nuntasane



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Biology Education)

May 2020

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายจิรันตร์ นันทะเสน แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงษ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. บังอร แกลวโนนจิว)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รศ. ดร. ประสาท เนืองเฉลิม)

กรรมการ

(ผศ. ดร. บังอร กองอิม)

กรรมการ

(ผศ. ดร. ชีรพร กทิตศาสตร์)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พูน บัณฑิต ชีวะ

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์		
ผู้วิจัย	จรินทร์ นันทะเสน		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บังอร แถวโนนจิว รองศาสตราจารย์ ดร. ประสาท เนืองเฉลิม		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ชีววิทยาศึกษา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

การพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ มีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และ เพื่อศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษที่ได้รับการจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 แผน รวม 15 ชั่วโมง แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งจำนวนวงจรปฏิบัติการเป็นตามรูปแบบของ Kemmis & McTargart เป็น 3 วงรอบ ใช้สถิติพื้นฐาน การหาค่าร้อยละและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบว่า จากวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 – 3 นักเรียนมีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 66.67 ร้อยละ 75 และร้อยละ 73.33 ตามลำดับ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 อยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ : การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์, การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์, การเรียนรู้แบบสืบเสาะ

TITLE	Development of Scientific Writing of Mathayomsuksa 3 Students in Nongareepittaya School, Sisaket Province Using Learning Management by Inquiry Cycle with Science Writing Heuristic Approach		
AUTHOR	Jirun Nuntasane		
ADVISORS	Assistant Professor Dr. Bungorn Thaewnon-ngiw Associate Professor Dr. Prasart Nuangchalerm		
DEGREE	Master of Science	MAJOR	Biology Education
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2020

ABSTRACT

This action research aims to develop sciences writing skills and study the attitude toward science using learning management by the Inquiry cycle with Science Writing Heuristic (SWH) approach. The study was carried out 15 of 9th grade's students in Nongareepittaya school. The action research instrument was 1) 10 lesson plans, Inquiry-based (5E) with a science writing heuristic, including 15 hours 2) The Science Writing assessment form 3) Science Writing interview form and 4) The attitude toward sciences test. This action research cycle was based on Kemmis & McTaggart's model (PAOR), divided into 3 cycles of the action research, The Data analyzed by using the simple statistics such as Mean, Standard variation. First, the result indicated that 66.67 percent of students who have sciences writing in the pass level, In the 1st cycle, 75 percent in the 2nd cycle, and 73.33 percent in the last cycle. And this study also found the attitude toward science's students was Medium level.

Keyword : science writing, writing heuristic, science communication

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยก็เพราะความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร แฉวโนนจิว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะแนวทางให้คำปรึกษา ตลอดจนช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอขอบพระคุณด้วยความซาบซึ้งใจเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เต็มเตชาติพงศ์ ประธานคณะกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพร กทิตศาสตร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร กองอ้อม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วยเหลือวิทยานิพนธ์ให้ความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณคณะวิทยาศาสตร์ และ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา ศรีสะเกษ เขต 3 ที่กรุณาอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย และสถานที่ในการเก็บข้อมูล

ผู้วิจัยขอระลึกถึงพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอบรมเลี้ยงดู และให้เงินทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

จิรันตร์ นันทะเสน

พูนุ ปณฺ ทิโต ชีเว

สารบัญ

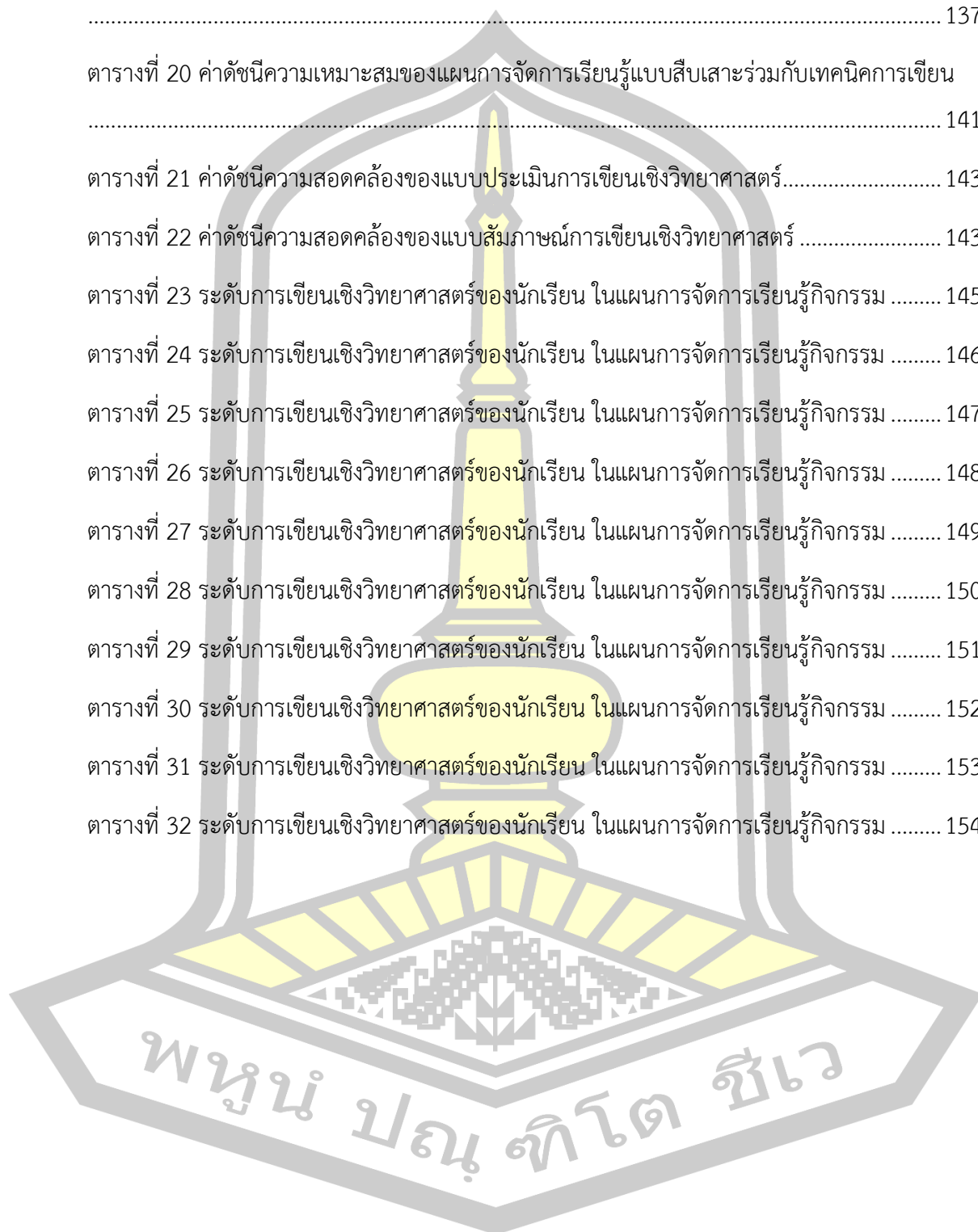
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ภูมิหลัง.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของวิจัย.....	4
1.3 ความสำคัญของการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2 ปรัชญาเอกสารข้อมูล.....	7
2.1 บริบททั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา.....	7
2.2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ.....	14
2.4 การเขียนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	18
2.5 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์.....	31
2.6 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation).....	43
2.7 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	45

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	53
3.1 กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย.....	53
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	53
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ.....	54
3.4 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	69
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
3.6 วิธีการเก็บข้อมูล.....	74
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	76
4.1 ผลการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3.....	76
บทที่ 5 บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	108
5.1 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	108
5.2 สรุปผลการทดลอง.....	108
5.3 อภิปรายผลการทดลอง.....	109
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	113
บรรณานุกรม.....	114
ภาคผนวก.....	122
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย.....	123
ภาคผนวก ข หนังสือราชการที่ใช้ในการวิจัย.....	125
ภาคผนวก ค การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	126
ภาคผนวก ง ผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้.....	144
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	155
ประวัติผู้เขียน.....	196

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงการเขียนหัวข้อหลักแบบดั้งเดิม (Write-Up)	32
ตารางที่ 2 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง	39
ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบข้อความในแบบบันทึกกิจกรรมแบบ SWH กับแบบปกติ	41
ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบบันทึกผลการทดลองตามแนวทาง SWH..	42
ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E's) ร่วมกับเทคนิคการเขียน เชิงวิทยาศาสตร์ (SWH).....	56
ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร	60
ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับ	66
ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินคุณภาพการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	68
ตารางที่ 9 ระดับคุณภาพการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์.....	68
ตารางที่ 10 สรุปการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามวงจร 77	77
ตารางที่ 11 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการ	84
ตารางที่ 12 สรุปรายการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยในวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 2	85
ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใน ..	86
ตารางที่ 14 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้. 96	96
ตารางที่ 15 สรุปรายการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยในวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 3	97
ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	97
ตารางที่ 17 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม	106
ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน	127

ตารางที่ 19	ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน	137
ตารางที่ 20	ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน	141
ตารางที่ 21	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	143
ตารางที่ 22	ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	143
ตารางที่ 23	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	145
ตารางที่ 24	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	146
ตารางที่ 25	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	147
ตารางที่ 26	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	148
ตารางที่ 27	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	149
ตารางที่ 28	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	150
ตารางที่ 29	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	151
ตารางที่ 30	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	152
ตารางที่ 31	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	153
ตารางที่ 32	ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม	154



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบบันไดเวียน ตามแนวทางของ Kemmis & McTaggart	49
ภาพที่ 2 วิธีการดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ.....	70
ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 1	78
ภาพที่ 4 ตัวอย่างการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการศึกษาในวงรอบที่ 1.....	79
ภาพที่ 5 การเขียนข้อสรุปที่ไม่ชัดเจนและการอ้างประจักษ์พยานที่ไม่สามารถสนับสนุนข้อสรุปได้..	81
ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบความคิดของนักเรียนกับนักเรียนกลุ่มอื่นและการเปรียบเทียบข้อมูลกับ ..	82
ภาพที่ 7 ตัวอย่างการสะท้อนความคิดที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากไม่มีการระบุรายละเอียดเพิ่มเติม.....	82
ภาพที่ 8 การเขียนสรุปผลการทดลองที่ดี มีรายละเอียดครบถ้วน	83
ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 2	87
ภาพที่ 10 การตั้งคำถามของนักเรียนที่มีความชัดเจน เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะศึกษา จากแผนการ .	88
ภาพที่ 11 การเขียนขั้นตอนการทดลองหรือศึกษาของนักเรียนที่ดี จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8..	89
ภาพที่ 12 ตัวอย่างภาพการเขียนข้อสรุปที่สอดคล้องกับคำถามที่ต้องการหาคำตอบของนักเรียน จาก	90
ภาพที่ 13 แสดงการระบุประจักษ์พยานที่สนับสนุนข้อสรุปได้ จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 8..	91
ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบความคิดของนักเรียนกับแหล่งข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงภายนอกที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากไม่ใช่แหล่งข้อมูลอื่นในการอ้างอิง.....	92
ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของการตั้งคำถาม ความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษา (บน) และการสะท้อนความคิดกับตนเองในขั้นการสะท้อนความคิด (ล่าง).....	93
ภาพที่ 16 แสดงรูปแบบในการสนับสนุนการเขียนสรุปผลการทดลอง	94
ภาพที่ 17 การเขียนสรุปผลการทดลองที่ดี มีรายละเอียดครบถ้วนทั้งข้อสรุป ประจักษ์พยานที่สนับสนุนข้อสรุปและความเชื่อมโยงจากประจักษ์พยานไปยังข้อสรุป.....	94

ภาพที่ 18 แสดงข้อความอื่นเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียนจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โครโมโซม	95
ภาพที่ 19 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3	98
ภาพที่ 20 การตั้งคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะศึกษา จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9	100
ภาพที่ 21 ตัวอย่างการอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนต้องการศึกษา จากแผน	100
ภาพที่ 22 การเขียนขั้นตอนการทดลองหรือศึกษาของนักเรียน	101
ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำถามอภิปรายหลังการศึกษา	101
ภาพที่ 24 ตัวอย่างการเขียนข้อสรุปจากการหาคำตอบ	102
ภาพที่ 25 แสดงการระบุประจักษ์พยานของนักเรียน จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9.....	102
ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับแหล่งข้อมูลภายนอกในชั้นขยายความรู้จาก	103
ภาพที่ 27 แสดงการระบุรายละเอียดของความรู้ที่เปลี่ยนไปของนักเรียน	104
ภาพที่ 28 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนสรุปผลการทดลอง	105
ภาพที่ 29 การเขียนสรุปผลการทดลองจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ความผิดปกติทาง.....	105
ภาพที่ 30 กราฟเปรียบเทียบผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ.....	106
ภาพที่ 31 ผลการทดลองของเมนเดล	158



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

ในสังคมปัจจุบันจำเป็นต้องมีการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการเผยแพร่สู่สาธารณชน (Hilton, 1989) โดยใช้ความรู้ทางด้านนิเทศศาสตร์ไปสร้างความเข้าใจ อธิบาย จุดประกาย ให้ประชาชนหรือกลุ่มเป้าหมายเกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) เข้าใจวิทยาศาสตร์เพื่อการสื่อสารที่เป็นวิถีทางของมนุษย์ โดยทั่วไป (M. Shamos, 1988; M. H. Shamos & Howes, 1996) ความเป็นอยู่ทางสังคมและวัฒนธรรมถูกเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เรียกว่าสังคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Scientific and technological society) มีความเกี่ยวข้องกับสังคมและพลเมือง ความรับผิดชอบทางสังคมของประชาชน จนก่อให้เกิดการปฏิรูปทางการศึกษาที่มีการเพิ่มระดับความสำคัญกับแนวคิดของการรู้วิทยาศาสตร์ จนในปัจจุบันการรู้วิทยาศาสตร์ กลายเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาของประเทศ (Laugksch, 2000) ดังที่ปรากฏในเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

ประเทศไทยได้กำหนดให้การรู้วิทยาศาสตร์เป็นเป้าหมายหลักของการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551) ซึ่งจะเป็นผู้ที่มีทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในแนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การสืบเสาะหา ความรู้วิทยาศาสตร์ (Duran & Duran, 2004; National Research Council, 1996) นอกจากนี้ นักเรียนยังต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ด้วย อันส่งผลให้นักเรียนเป็นพลเมือง ที่สามารถแสดงความคิดเห็น มีส่วนร่วมและตัดสินใจเกี่ยวกับประเด็นหรือข้อถกเถียงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างรอบรู้ (Kolstød, 2001)

โรงเรียนหนองอารีพิทยา อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ เป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงาน เขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 ซึ่งได้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนในรายวิชา วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 เพื่อให้ประสบความสำเร็จ ตาม วัตถุประสงค์และเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แต่จากผลการศึกษาในปีการศึกษาที่ ผ่านมา พบว่าการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ยังไม่เป็นที่น่าพอใจนัก โดยสังเกตได้จาก พฤติกรรมของนักเรียนที่สะท้อนออกมาในขณะที่เรียน ทำให้ทราบว่านักเรียนบางส่วนขาดความ

กระตือรือร้นและความเอาใจใส่ในการเรียนเป็นอย่างมาก เมื่อเจอปัญหาที่ต้องใช้ความคิด นักเรียนจะไม่อยากใช้ความคิดของตนเอง เมื่อนักเรียนไม่ฝึกการใช้ความคิดทำให้เมื่อนักเรียนต้องเขียนแสดง ความเข้าใจหรือความรู้สึกทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร ครูต้องพูดเรื่องเดิม ซ้ำ ๆ หลายครั้ง โดยเฉพาะคาบที่มี การทดลอง ในการอภิปรายวิธีการทดลองร่วมกัน จะมีคำถามเกี่ยวกับวิธีการทำการทดลองที่ต้อง อธิบายหลายครั้ง จึงเกิดการคลาดเคลื่อนในการออกแบบการบันทึกผลการทดลอง การลงมือบันทึก ผลการทดลอง และในการร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการตอบ คำถามอภิปรายผลการทดลอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเขียนสรุปผลการทดลองซึ่งเป็นหัวใจหลัก ในการทดลองวิทยาศาสตร์ในคาบต่าง ๆ นักเรียนจะไม่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองที่ถูกต้องได้ เลย และมักจะรอจนเวลาใกล้หมดจึงค่อยเริ่มทำภาระงานที่ครูมอบหมายให้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานที่ ต้องเขียนทั้งสิ้น (โรงเรียนหนองอารีพิทยา, 2562)

จากที่กล่าวมา ดูเหมือนเราจะต้องพึ่งพียงความรู้และความสนใจในวิทยาศาสตร์ โดยต้อง ยอมรับวิธีสอน ใหม่ ๆ เพื่อให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายการสอนวิทยาศาสตร์ (Bonwell & Eison, 1991) เพราะการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ควรเน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้ คิด ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย การเรียนรู้ของนักเรียนจะ เกิดขึ้นระหว่างที่นักเรียนมีส่วนร่วมโดยตรงในการทำกิจกรรมเหล่านี้ จึงจะมีความสามารถในการสืบ เสาะหาความรู้ (กรมวิชาการ, 2546) มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้ พัฒนาการกระบวนการคิดขั้นสูง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเน้นให้ผู้เรียนรู้จักกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง อธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหลัก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎี ข้อสรุป หรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้น รวมทั้งสามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Yore, Bisanz, & Hand, 2003) การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ในการ จัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และ กระบวนการกลุ่มควบคู่ไปกับการทำกิจกรรมการทดลอง ซึ่งผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้ข้อมูลและความรู้เดิมเพื่อสร้างและสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (เตชทัต เรื่อง ธรรม, 2559) ซึ่งเป็นรูปแบบของการใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้ ที่นักเรียนเรียนรู้การใช้ภาษาในระหว่าง กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การฝึกการปฏิบัติการใช้ภาษาจะถูกบูรณาการเข้าไปอยู่ในกิจกรรม ของบทเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นกลไกช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะ ประสบผลสำเร็จได้นั้น นักเรียนจะต้องได้เรียนรู้รูปแบบของการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะเริ่ม การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติในแบบของนักวิทยาศาสตร์ จากแนวคิดที่ว่านี้ การอ่านและการเขียนทาง วิทยาศาสตร์ จะถูกสอนให้แก่นักเรียนเพื่อเป็นทักษะจำเป็นที่ต้องเรียนรู้ก่อนที่นักเรียนจำได้เรียนรู้ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถสืบค้นหา ความรู้ มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เข้าใจให้แก่บุคคลอื่น

ได้ (สกนธ์ชัย ชะชูพันธ์, 2557) แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อสรุป โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เพื่อชี้แจงเหตุผลของตนว่าหลักฐานต่าง ๆ นั้น สนับสนุนข้อสรุปของตน ทั้งนี้มักเกิดขึ้นควบคู่ไปกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วย โดยขณะที่นักเรียนนั้นมีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสงสัย ก็จะสามารถให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เช่นกันเกี่ยวกับหลักฐานและข้อสรุปนั้น ๆ ดังนั้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์จึงควรแนะนำให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับองค์ประกอบที่จำเป็น ได้แก่ ข้อสรุป หลักฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับหลักฐาน ซึ่งแจ้งเกี่ยวกับบทบาทและความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบ (ลือชา ลดาชาติ, ฤฎาภา สุทฤษฎ, และ ชาตรี ฝายคำตา, 2556) นอกจากนี้ การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนทั้งในกลุ่มและระหว่างกลุ่มโดยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดหลักและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ รวมทั้งสามารถตรวจสอบได้ว่าความรู้เดิมที่มีนั้นมีความคลาดเคลื่อนหรือถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ (เตชทัต เรื่องธรรม, 2559) นักการศึกษาเชื่อว่าการส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้เด็กเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ว่า ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลเชิงประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติม หรือแย้งจากเดิมนอกจากนี้การส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ยังอาจช่วยให้นักเรียนเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์เรื่องนั้น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (วิโรจน์ ลี้วงศ์สภาพ, 2552) แม้ในบางกิจกรรมที่ผู้เรียนไม่ได้เป็นผู้ทำการทดลองด้วยตนเอง แต่ครูเป็นผู้สาธิตการทดลองและผู้เรียนเป็นเพียงผู้สังเกตก็สามารถได้ข้อมูลการทดลอง ก็จะสามารถใช้เทคนิคนี้ได้เช่นกัน (เตชทัต เรื่องธรรม, 2559) ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความหมายด้วยการใช้วิทยาศาสตร์และภาษาที่เกี่ยวกับการตั้งคำถาม คำกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อมูลที่คนอื่นกล่าวไว้ และข้อสะท้อน ความคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเอง (Lemke, 1990)

เมื่อพิจารณาความสำคัญของปัญหา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ความสำคัญของการใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ จุดเน้นและเป้าหมายสำคัญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงควรจัดกระบวนการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้การเขียนเพื่อเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้บรรลุเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ โดยคาดหวังว่างานวิจัยนี้จะช่วยพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมาย ตรงตามวัตถุประสงค์การจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนและในระดับประเทศต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายของวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

1.3.1 ผลของการวิจัยได้ให้สิ่งสำคัญดังต่อไปนี้

ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่ช่วยพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพ ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นกระบวนการเรียนการสอนโดยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง มี 5 ขั้นตอน และเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเน้นที่การพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific writing) ซึ่งให้ความสำคัญกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) ซึ่งเป็นการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อสรุปใด ๆ ตามลำดับ (ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทรกุล, 2556) มีองค์ประกอบที่จำเป็น 3 ประการ ได้แก่

1. ข้อสรุป (Claim) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์
2. หลักฐาน (Evidence) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์หยิบยกขึ้นมาเพื่อสนับสนุนข้อสรุป
3. คำชี้แจง (Justification) คือการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประจักษ์พยาน ที่สามารถสนับสนุนหรือหักล้างข้อสรุป

ในเนื้อหาการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สอดคล้องสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีทางชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 15 คน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นำเอาการจัดการเรียนรู้รูปแบบสืบเสาะ 5 ขั้น มาใช้ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) ที่มี 8 ขั้น จึงแบ่งวิธีการจัดการเรียนรู้เป็น 3 ช่วง คือ ก่อนการทดลอง ระหว่างการทดลอง และหลังการทดลอง ซึ่งแบ่งเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

ก่อนการทดลอง

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือจากการอภิปราย ชักถาม เรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยครูจะถามคำถามและให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ดังนี้

การกำหนดปัญหา/คำถาม เน้นคำถามที่สามารถหาได้จากการทดลอง

การทดสอบ ให้ผู้ทดลองแต่ละกลุ่มวางแผน ผ่านคำถามอภิปรายก่อนการทดลอง และออกแบบการทดลอง

ระหว่างการทดลอง

การสังเกต ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบ และสังเกตผล

หลังการทดลอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ออกมาวิเคราะห์ อภิปรายสรุปผล และนำเสนอผล โดยให้นักเรียนนำผลการทดลองมาพิจารณาแล้วอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม หรืออภิปรายกันทั้งห้อง มีขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ

ข้อสรุปและประจักษ์พยาน ในการสรุปเพื่อตอบคำถามที่ตั้งไว้ โดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม การอ่าน (Reading) สำรวจตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเทียบกับ

กับกลุ่มอื่นและแหล่งข้อมูลอ้างอิงอื่น ๆ นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น ผ่านการสะท้อนความคิด (Reflection) พิจารณาว่าแนวคิดของตนเองเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไร เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และหลังจากได้ข้อมูลจากการทดลองแล้ว

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใดโดย การเขียน (Writing) ผู้เรียนจะได้เขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของการทดลองและประจักษ์พยานที่มีอยู่โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นที่ตั้งไว้ในตอนแรก

2. การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีการใช้หลักการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) โดยการใช้รูปแบบการบันทึกผลการทดลองแบบ SWH ซึ่งผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้ข้อมูลและความรู้เพิ่มเติม เชื่อมโยงข้อมูลระหว่างหลักฐานและประจักษ์พยานนำไปสู่ข้อสรุป เพื่อสนับสนุนหรือหักล้างข้อสรุปใด ๆ ได้ อย่างถูกต้องและเหมาะสมเพื่อให้เกิดความเข้าใจในวิทยาศาสตร์



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเนื้อหาตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 บริบททั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา
- 2.2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551
- 2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry learning Method)
- 2.4 การเขียนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
- 2.5 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic approach)
- 2.6 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation)
- 2.7 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 2.8.1 งานวิจัยภายในประเทศ
 - 2.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

2.1 บริบททั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในครั้งนี้ กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ การศึกษาสภาพบริบททั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ในปีการศึกษา 2561 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนโรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ จากเอกสารการประชุมของฝ่ายวิชาการ การประชุมระดับโรงเรียน ร่องรอยและเอกสารรายงานการประเมินผลการปฏิบัติงานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา(องค์การมหาชน) ปีการศึกษา 2561 รายงานการปฏิบัติงานประจำปี (SAR) ปีการศึกษา 2561 และการจัดการเรียนการสอนในปีการศึกษาที่ผ่านมา โดยมีรายละเอียดดังนี้

สภาพทั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา

โรงเรียนหนองอารีพิทยา เป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 ตั้งอยู่ที่ บ้านลาวเดิม ตำบลดินแดง อำเภอไพรบึง จังหวัดศรี สสะเกษ เปิดทำการสอนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 2 จนถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ชั้นเรียนละ 1 ห้อง มีนักเรียนทั้งหมด 148 คน (ปีการศึกษา 2561) มีครูจำนวน 15 คน ผู้ปกครองส่วนใหญ่มีอาชีพ เกษตรกรรม และรับจ้างทั่วไป เป็นศูนย์กลางของโรงเรียนในกลุ่มพัฒนาคุณภาพการศึกษา (กพศ.) 8 โรงเรียน ในการจัดการและดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ การดำเนินการทางด้านวิชาการของโรงเรียน มีดังนี้

การจัดระบบการเรียนรู้ ได้จัดการเรียนรู้เป็น 3 ระดับ คือ ระดับก่อนประถมศึกษา ระดับ ประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา เปิดทำการเรียนการสอน 2 ภาคเรียน รวมเวลาไม่น้อยกว่า 200 วัน การจัดครูเข้าสอนจัดตามความสามารถและความถนัดและตรงตามวิชาเอก ครูทุกคนมีชั่วโมงการ สอนเฉลี่ยสัปดาห์ละ 15 ชั่วโมง

การจัดชั้นเรียนและห้องเรียน ได้ดำเนินการจัดชั้นเรียนตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาล 2 จนถึง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวนระดับชั้นละ 1 ห้อง

การจัดกิจกรรมด้านการจัดการเรียนรู้ จากการสังเกตการสอนในสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์แล้วพบว่า มีลักษณะการจัดการเรียนรู้ การเตรียมการสอนจะได้จัดการเรียนรู้ในสาระที่ ตนเองรับผิดชอบคนละ 1 สาระการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้บริหารตรวจก่อนการจัดการเรียนรู้ มีการเตรียม สื่อการสอนและเครื่องมือวัดผลไม่มากเท่าที่ควร เนื่องจากครูมีงานและภาระงานอื่นนอกจากงานสอน ที่ต้องรับผิดชอบมาก การเตรียมการสอนจึงไม่ครบถ้วนและไม่ต้องเนื่อง

การจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนมีความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ดี และเข้าใจ กระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยยึดการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอนที่อ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน มีจัดการเรียนรู้ในหลากหลายรูปแบบ และหลายเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ แต่ เนื่องจากภาระงานรับผิดชอบนอกเหนือจากการสอนของครูมีจำนวนมาก เช่น งานเจ้าหน้าที่พัสดุ โรงเรียน งานลูกเสือ และงานโครงการอื่น ๆ ตามที่สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 มอบหมาย ทำให้การพัฒนาผู้เรียนไม่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

พฤติกรรมการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการสังเกตพฤติกรรม และการได้ลงมือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในปีการศึกษาที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่านักเรียนบางส่วนขาด ความกระตือรือร้นและความเอาใจใส่ในการเรียนเป็นอย่างมาก เมื่อเจอปัญหาที่ต้องใช้ความคิด นักเรียนจะไม่อยากใช้ความคิดของตนเอง ต้องรอให้เพื่อนนักเรียนคนอื่นทำก่อน แล้วค่อยลอกตาม เมื่อนักเรียนไม่ฝึกการใช้ความคิดทำให้เมื่อนักเรียนต้องเขียนแสดงความเข้าใจหรือความรู้สึกรู้สึกทำได้ไม่ดี เท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเขียนสรุปผลการทดลองซึ่งเป็นหัวใจหลักในการทดลอง วิทยาศาสตร์ในคาบต่าง ๆ นักเรียนจะไม่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองที่ถูกต้องได้เลย

การวัดและการประเมินผลการเรียน

มี 2 วิธี ดังนี้

การวัดและการประเมินผลระหว่างเรียน ในคาบเรียนแต่ละคาบ ครูผู้สอนจะทำการประเมินผลระหว่างการเรียนโดยให้นักเรียนทำภาระงานตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละคาบเรียน

การประเมินผลหลังการเรียน เป็นการประเมินผลระหว่างภาคเรียน และปลายภาคเรียน โดยครูเป็นผู้จัดทำแบบทดสอบและแบบประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ตัวชี้วัด และมาตรฐานการศึกษา เพื่อใช้ในการตัดสินผลการเรียนของนักเรียนแล้วรายงานไปยังสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา และดำเนินการแจ้งผู้ปกครองให้ทราบ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนานักเรียนต่อไป

สภาพปัญหาการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สภาพการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยาพบว่า มีการจัดการเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนส่วนใหญ่เป็นคาบที่อยู่ในช่วงเช้า (09.00 น. – 12.00 น.) จำนวน 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยแบ่งเป็นคาบ 2 ชั่วโมง และ 1 ชั่วโมง มีโต๊ะสำหรับทำการทดลองเป็นกลุ่มหันหน้าเข้าหากระดาน ในระยะแรกของการเรียนการสอน ครูผู้สอนแจ้งจุดประสงค์และเนื้อหาที่ต้องเรียน มีการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบและเทคนิควิธีการที่หลากหลาย เช่น การสาธิต การเรียนรู้แบบสืบเสาะ การจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม และการบรรยาย แต่ไม่ได้มีการจัดการทดลองทุกคาบ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความเหมาะสมของเวลาในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละคาบ นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ให้ความร่วมมือในการจัดการเรียนรู้นัก ไม่ตอบคำถาม ไม่กล้าถามคำถาม บ่อยครั้งที่ไม่ตั้งใจฟัง ครูต้องใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น การแบ่งกลุ่ม การจับคู่ เพื่อให้นักเรียนเกิดบรรยากาศการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ นักเรียนยังมักทำกิจกรรมอื่นในขณะที่เรียน ทำให้ครูต้องพูดเรื่องเดิม ซ้ำ ๆ หลายครั้ง โดยเฉพาะคาบที่มีการทดลอง ในการอภิปรายวิธีการทดลองร่วมกัน จะมีคำถามเกี่ยวกับวิธีการทำการทดลองที่ต้องอธิบายหลายครั้ง จึงเกิดการคลาดเคลื่อนในการออกแบบการบันทึกผลการทดลอง การลงมือบันทึกผลการทดลอง และในการร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการตอบคำถามอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งทำให้นักเรียนไม่สามารถสรุปผลการทดลองนั้น ๆ ได้ และมักจะรอจนเวลาใกล้หมดจึงค่อยเริ่มทำภาระงานที่ครูมอบหมายให้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นงานที่ต้องเขียนทั้งสิ้น ทำให้ทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีปัญหาด้านการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองที่ถูกต้องได้ เนื่องจากขาดองค์ประกอบในหลายส่วน เช่น ไม่มีการนำผลการทดลองที่บันทึกได้มาอธิบายเป็นเหตุผลในการสรุป หรือเขียนมาโดยที่มีข้อความไม่ครบถ้วน

จากสภาพปัญหาดังกล่าว สามารถวิเคราะห์และสรุปประเด็นปัญหาได้เป็น 2 ประเด็น คือ

ด้านตัวครู มีการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ดีพอ คือ ขาดความพร้อมในการเตรียมการสอน ทำให้ไม่สามารถสร้างความสนใจของนักเรียนให้อยู่กับบทเรียนได้

ด้านตัวนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความกระตือรือร้น และขาดการใช้ความคิดในการแก้ปัญหาซึ่งสะท้อนผ่านการเขียนภาระงานต่าง ๆ ที่ครูมอบให้

2.2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จากการศึกษาหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ซึ่งใช้เป็นหลักสูตรแกนกลางในการจัดการศึกษาในปัจจุบัน มีเนื้อหาและสาระสำคัญ ดังนี้ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2551)

2.2.1 ทำไมต้องเรียนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

2.2.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

2.2.2.1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

2.2.2.2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

2.2.2.3 สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงแยัดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมการเคมี และการแยกสาร

2.2.2.4 แรงแและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงแโน้มถ่วง แรงแนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงแเสียดทาน โมเมนตัมการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

2.2.2.5 พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน การอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.2.2.6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ กระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก ปรากฏการณ์ทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

2.2.2.7 ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

2.2.2.8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

2.2.3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มี

ผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

1. ว 1.2 ม.3/1 สังเกตและอธิบายลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรม หรือ ยีนในนิวเคลียส
2. ว 1.2 ม.3/2 อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอและกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
3. ว 1.2 ม.3/3 อภิปรายโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีนและโครโมโซม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
4. ว 1.2 ม.3/4 สำรวจและอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างสมดุล
5. ว 1.2 ม.3/5 อธิบายผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อม
6. ว 1.2 ม.3/6 อภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

1. ว 8.1 ม.3/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็น หรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้
2. ว 8.1 ม.3/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้ และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆ วิธี
3. ว 8.1 ม.3/3 เลือกเทคนิควิธีการสำรวจตรวจสอบทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ได้ผลเที่ยงตรงและปลอดภัย โดยใช้วัสดุและเครื่องมือที่เหมาะสม
4. ว 8.1 ม.3/4 รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ
5. ว 8.1 ม.3/5 วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของประจักษ์พยาน

กับข้อสรุปทั้งที่สนับสนุน หรือขัดแย้งกับสมมติฐาน และความผิดปกติของข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบ

6. ว 8.1 ม.3/6 สร้างแบบจำลอง หรือรูปแบบที่อธิบายผล หรือแสดงผลของการสำรวจตรวจสอบ

7. ว 8.1 ม.3/7 สร้างคำถามที่นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวข้องและนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

8. ว 8.1 ม.3/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกตการสำรวจตรวจสอบค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

9. ว 8.1 ม.3/9 จัดแสดงผลงานเขียนรายงานและ/หรืออธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ และผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

2.2.4 คุณภาพผู้เรียน

จบมัธยมศึกษาปีที่ 3

เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงานสมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้มของแสง

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรทางธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของการพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้างองค์ความรู้

สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษา หาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น

แสดงถึงความซื่อสัตย์ ทุ่มเท มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และการรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

จากการศึกษาเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบสืบเสาะ มีเนื้อหาและสาระสำคัญ ดังนี้

2.3.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นวิธีเรียนรู้ ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้ และค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งได้มีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หรือกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ดังนี้

กฤษทวีพรเดช และคณะ (2552) ได้สรุปว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีสอนคล้ายกับวิธีสอนแบบแก้ปัญหาโดยผู้สอนเป็นผู้จัดสถานการณ์ทำให้เกิดปัญหา ทำให้ผู้เรียนคิดแสวงหาคำตอบด้วยตนเองโดยการตั้งคำถาม ตั้งปัญหา กำหนดสมมติฐาน วิเคราะห์ผลและสรุป เป็นวิธีสอนที่ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักค้นคว้าหาความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาอย่างถูกต้องด้วยตนเองโดยผู้สอนตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความคิด หาวิธีแก้ปัญหา และสามารถนำการแก้ปัญหานั้นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ และทำให้เกิดวงจรการเรียนรู้ใหม่

ประสาธ เนืองเฉลิม (2550) ได้ให้ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นว่า เป็นการสอนที่เน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนซึ่งเป็นสิ่งที่ครูผู้สอนละเลยไม่ได้และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิมของนักเรียนจะทำให้ครูผู้สอนค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียน เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระทรวงศึกษาธิการ (2552) การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นการ หาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือ วิธีการอื่น ๆ เช่น การสำรวจ การสังเกต การจำแนกประเภท การทดลอง การสร้างแบบจำลอง การสืบค้นข้อมูล เป็นต้น

ทิตินา แคมมณี (2553) ได้ให้คำนิยามการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นกระบวนการสืบสอบว่า หมายถึง การเรียนการสอนที่ผู้สอนกระตุ้นผู้เรียนโดยเกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2554) ได้ให้ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ว่า เป็นวิธีหนึ่งที่มีมุ่งให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ให้ผู้เรียนได้รับทั้งความรู้และทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้

วิณา ประชากุล และ ประสาธ เนืองเฉลิม (2554) ได้ให้ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ว่าเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชาการ ผู้สอนต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ศึกษา โครงสร้างของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา โดยผู้สอนทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย และผู้เรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดแผนการเรียน ผู้เรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอน

จากความหมายดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึงวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวก เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้เอง โดยผ่านกระบวนการกระทำ กระบวนการคิด และคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่สมเหตุสมผลและ สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ผู้เรียนสามารถค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านกระบวนการคิด และใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง

2.3.2 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

กฤษตรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2552 : 37) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้สอนควรดำเนินการ ดังนี้

2.3.2.1 เป็นผู้จัดสถานการณ์สิ่งแวดล้อมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง

2.3.2.2 ทำตั้งคำถามให้ผู้เรียนเป็นผู้ตอบเป็นส่วนใหญ่ในตอนเริ่มต้น แล้วผู้สอนจะลดบทบาทลงให้ผู้เรียนมีบทบาทเพิ่มขึ้นจนสามารถกำหนดปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาได้

2.3.2.3 ยอมรับฟังคำถาม ความคิดเห็นของผู้เรียน และถ้าปัญหาโดยยากเกินไป ผู้เรียนไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ผู้สอนอาจร่วมอภิปรายให้ข้อมูลสารสนเทศแก่ผู้เรียน และร่วมกันหาทางแก้ปัญหาต่อไป

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2550 : 22 - 32) กล่าวถึง ประโยชน์ที่นักเรียนจะได้จากการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ มีดังนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดและสติปัญญาของตัวเองอย่างอิสระ
2. ทำให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกตมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ โดยไม่ตรวจสอบก่อน
3. ทำให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นกล้าแสดงความคิด

สรุปได้ว่า บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ ต้องเป็นผู้อำนวยความสะดวก ควบคุม ดูแลและจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิดอย่างอิสระและมีเหตุผล พยายามใช้คำถามกับผู้เรียนในตอนเริ่มต้นจนให้ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามได้เอง ให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะต่าง ๆ ในการค้นหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยตนเอง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2544 : 60) สุรจิตา เศรษฐภักดี (2547) ดวงใจ บุญประคอง (2549) อรพินท์ ชื่นชอบ (2549) และ อัญชกริกร นนทโคตร (2549) กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สอดคล้องกัน ดังนี้

2.3.3.1 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

- 1) เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือ ฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์ และนักจัดระเบียบ
- 2) เป็นการค้นพบตนเอง เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ
- 3) ฝึกให้นักเรียนหาวิธีค้นหาความรู้แก้ปัญหาด้วยตนเอง
- 4) ช่วยให้อึดจำความรู้นานและสามารถถ่ายโยงความรู้ได้

5) นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน ทำให้บรรยากาศในการเรียนมี

ชีวิตชีวา

6) ช่วยพัฒนาอัตมโนทัศน์แก่ผู้เรียน

7) พัฒนานักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

8) ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง

สามารถคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค

9) นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงฝึกทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการใช้เครื่องมือ

วิทยาศาสตร์

10) สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2.3.3.2 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2544) ได้สรุปข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1) ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง บางครั้งอาจจะได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามที่

กำหนด

2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างไม่ชวนสงสัย ไม่ชวนติดตาม จะทำให้นักเรียนเบื่อ

หน่ายไม่อยากเรียน

3) นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำหรือไม่มีการกระตุ้นมากพอ จะไม่สามารถ

เรียนรู้ด้วยวิธีสอนแบบนี้ได้

4) เป็นการลงทุนสูง ซึ่งอาจได้ผลไม่คุ้มค่ากับการสอน

5) ถ้านักเรียนไม่รู้จักรักการทำงานกลุ่มที่ถูกต้อง อาจทำให้นักเรียนบางคน

หลีกเลี่ยงงานซึ่งไม่เกิดการเรียนรู้

6) ครูต้องใช้เวลาวางแผนมาก ถ้าครูมีภาระมากอาจเกิดปัญหาด้านอารมณ์ ซึ่งมี

ผลต่อบรรยากาศในห้องเรียน

7) ข้อจำกัดเนื้อหาและสติปัญญา อาจทำให้นักเรียนไม่สามารถศึกษาด้วยวิธีสอน

แบบนี้

อัญชกร นนทโคตร (2549) กล่าวถึงข้อจำกัดของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1) ครูและนักเรียนไม่ชำนาญการใช้คำถาม จะทำให้ได้ข้อสรุปช้า

2) บทเรียนยาก ครูอาจต้องใช้การอธิบายหรือวิธีการอื่น ๆ ประกอบกับเน้นการให้

ผู้เรียน

3) ครูต้องตระหนักในบทบาทโดยเน้นกระบวนการมากกว่าผลที่ได้จากกระบวนการ

4) ครูต้องตรวจสอบว่าได้จัดทำสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนอย่างเพียงพอและสื่อและแหล่งวิทยาการที่เหมาะสม

สรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้คือนักเรียนฝึกพัฒนาความคิดได้อย่างเต็มที่ โดยวิธีการเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง สามารถเรียนรู้มนต์ และหลักการได้เร็วขึ้น รวมทั้งมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ และข้อจำกัดใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมาและถ้าสถานการณ์ไม่น่าสนใจจะทำให้วิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิธีนี้ไม่ได้ผล รวมถึงยังไม่เหมาะสมกับนักเรียนที่มีสติปัญญาต่ำและนักเรียนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ

2.4 การเขียนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จาก Lemke (1990), สกนธ์ชัย ชะขุนันท์ (2557) พบว่าการเขียนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 ความสำคัญของภาษาต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กว่า 20 ปีที่ผ่านมา มุมมองและแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ว่า การเรียนรู้เป็นเรื่องของตัวบุคคลและเกิดขึ้นภายในตัวบุคคลได้เปลี่ยนแปลงไป โดยเปลี่ยนไปให้ความสำคัญกับกระบวนการทางสังคมและวัฒนธรรม งานวิจัยทางด้านมานุษยวิทยาได้ระบุว่า การเรียนรู้ของมนุษย์นั้นถูกตีกรอบด้วยระบบและบริบททางสังคม โดยมีปัจจัยทางสังคมเป็นตัวช่วยสนับสนุนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ (Lave, 1988) นอกจากนี้แล้ว ผลการศึกษาวิจัยด้านภาษาศาสตร์เชิงสังคมยังชี้ให้เห็นว่า ภาษามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้ในแง่ของการเป็นเครื่องมือทางวัฒนธรรมและวิธีการที่สังคมใช้สื่อสารซึ่งมีอิทธิพลโดยตรงต่อตัวผู้เรียน (Lemke, 1990; อ้างถึงใน สกนธ์ชัย ชะขุนันท์, 2557) จากแนวคิดดังกล่าว Lemke ยังได้อธิบายอีกว่า การเรียนรู้เพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชาใด ๆ คือการเรียนรู้ให้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการใช้รูปแบบเฉพาะของภาษาในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ซึ่งจากมุมมองทางด้านภาษาศาสตร์เชิงสังคมก็จะหมายถึง การเรียนรู้ในสาขาวิชาใดจะต้องอาศัยรูปแบบเฉพาะของภาษาในบริบทสาขานั้น ๆ สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีส่วนร่วมในกิจกรรมเรียนรู้ผ่านการใช้ภาษาในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งการพูดคุยและการเขียนที่ใช้กระบวนการคิด การสร้างความเข้าใจเหตุการณ์ทางวิทยาศาสตร์ การทดลอง และคำอธิบายต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนจะได้รับจากประสบการณ์การเรียนรู้ นั้น ๆ (Driver & Oldham, 1986) แนวคิดเชิงปรัชญาที่เป็นหลักการพื้นฐานที่สำคัญของภาษากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ก็คือ ถ้าไม่มีภาษาก็ไม่มีวิทยาศาสตร์ อาจจะเป็นเรื่องลำบากพอสมควรถ้าหากต้องสอนวิทยาศาสตร์โดยไม่มีภาษารูปแบบใด ๆ เลย ไม่ว่าจะ เป็นภาษาข้อความ ภาษาทางคณิตศาสตร์ ภาษารูปภาพ ภาษาที่เกี่ยวกับการเขียน หรือภาษา

สัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์หรือการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์จะ
 ไม่มีความหมายเลยถ้าหากไม่มีภาษา ภาษาจึงถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความจำเป็น
 อย่างยิ่งของการเป็นภาษาพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ เพราะภาษาต้องถูกใช้ในการดำเนินกิจกรรมทาง
 วิทยาศาสตร์ รวมทั้งการสร้างทำความเข้าใจจากการเรียนรู้ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ของ
 นักวิทยาศาสตร์นั้น ภาษามีความสำคัญอย่างยิ่งในการดำเนินการดังกล่าว (Norris & Phillips, 2003)
 ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องระลึกไว้เสมอว่า ภาษามีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
 และนักเรียนจะต้องมีโอกาสในการสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย
 (สกนธ์ชัย ชะชูพันธ์, 2557)

2.4.2 การเรียนรู้ที่จะใช้ภาษา

มีนักวิชาการหลายท่านได้เสนอว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะประสบผลสำเร็จได้นั้น
 นักเรียนจะต้องได้เรียนรู้รูปแบบของการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะเริ่มการดำเนินกิจกรรม
 ปฏิบัติในแบบของนักวิทยาศาสตร์ จากแนวคิดที่ว่านี้ การอ่านและการเขียนทางวิทยาศาสตร์ จะถูก
 สอนให้แก่นักเรียนเพื่อเป็นทักษะจำเป็นที่ต้องเรียนรู้ก่อนที่นักเรียนจำได้เรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหา
 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูผู้สอนต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญดังต่อไปนี้

2.4.2.1 นักเรียนจะต้องเรียนรู้ฝึกฝนการเขียนรายงานการทดลอง ซึ่งเป็นองค์ประกอบ
 สำคัญของวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนจำเป็นต้องรู้โครงสร้างของรายงานการทดลอง และวิธีการที่
 นักวิทยาศาสตร์ใช้รายงานผลการทดลอง

2.4.2.2. ครูต้องทำให้นักเรียนเข้าใจคำศัพท์ที่ถูกต้องก่อนจะเรียนรู้เนื้อหาวิทยาศาสตร์
 นั้น เพื่อที่พวกเขาจะสามารถระลึกถึงคำศัพท์สำคัญในหนังสือเรียนได้ ใบความรู้เกี่ยวกับรายการ
 คำศัพท์จึงควรต้องแจกจ่ายให้นักเรียนก่อนจะเริ่มหน่วยการเรียนรู้ นั้น ๆ

2.4.2.3. ครูจะต้องสอนนักเรียนเกี่ยวกับกระบวนการโต้แย้ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่แยก
 ออกจากกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อที่พวกเขาจะสามารถโต้แย้งเกี่ยวกับหัวข้อหรือเนื้อหาที่
 เรียนรู้ได้

สิ่งที่กล่าวมานี้ชี้ให้เห็นมุมมองสำคัญที่ว่านักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้เกี่ยวกับกลไกการใช้
 ภาษา อันที่จริงแล้วมีงานวิจัยจำนวนมาก แต่ผลการวิจัยก็ยังไม่ชัดเจน (Zimmerman,
 2000)

2.4.3 การใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้

การใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้ คือการที่นักเรียนเรียนรู้การใช้ภาษาในระหว่างกระบวนการ
 เรียนรู้วิทยาศาสตร์ การฝึกการปฏิบัติการใช้ภาษาจะถูกบูรณาการเข้าไปอยู่ในกิจกรรมของบทเรียน

วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นกลไกช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ ตัวอย่างเช่น 1) เมื่อนักเรียนเสร็จกิจกรรมการทดลอง นักเรียนได้เรียนรู้รูปแบบของการทำรายงานเพื่อนำเสนอสิ่งที่ค้นพบสรุปผลต่อครู และเพื่อนนักเรียนในชั้นเรียน 2) นักเรียนได้รับการแนะนำเกี่ยวกับคำศัพท์ที่สำคัญ เมื่อถึงเวลาที่จำเป็นต้องใช้คำศัพท์เหล่านั้น พวกเขาจะสามารถเชื่อมโยงไปยังความหมายของสิ่งอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ 3) นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์จากการอภิปรายโต้เถียง โดยให้เหตุผลเกี่ยวกับผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ถือได้ว่าการใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้โดยนักเรียนสามารถเรียนรู้เกี่ยวกับภาษาในลักษณะที่เป็นกระบวนการของการใช้ภาษา มีงานวิจัยส่วนหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ภาษาในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลงานวิจัยได้ชี้ถึงผลลัพธ์เชิงบวกของภาษาที่ช่วยนักเรียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Zimmerman, 2000)

ในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ครูควรใช้ภาษาในลักษณะที่เป็นเครื่องมือเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ จากแนวคิดและงานเขียนของนักทฤษฎี เช่น Gilbert (1991) ; Lemke (1990) อ้างถึงใน สกนธ์ชัย ชะชุพันธ์ (2557) ที่มีความเชื่อว่า นักเรียนจะมีการเชื่อมโยงที่ตีมากขึ้นระหว่างวิทยาศาสตร์กับภาษาทางวิทยาศาสตร์ ถ้าหากนักเรียนสามารถสร้างความเชื่อมโยงจากสิ่งทีพวกเขาารู้อยู่แล้วในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้น ๆ นักเรียนจำเป็นต้องมีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากภาวมีความสำคัญต่อสิ่งที่พวกเขา กำลังเรียนรู้ อยู่ ในการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ครูจำเป็นต้องสร้างเหตุผลที่ดีที่จะทำให้ให้นักเรียนเกิดความสนใจใฝ่เรียนรู้อการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ (สกนธ์ชัย ชะชุพันธ์, 2557)

2.4.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับการใช้ภาษาและการเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การขับเคลื่อนการใช้ภาษาเพื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันมากกับทฤษฎีการเรียนรู้หลายทฤษฎี นักปรัชญาได้อธิบายเกี่ยวกับการเรียนรู้ของมนุษย์มาเป็นเวลานานแล้ว ซึ่งแนวคิดเหล่านี้ได้ช่วยให้นักการศึกษาเข้าใจกระบวนการของการเรียนและการสอน ตัวอย่างเช่น Strike (1987) ได้เสนอแนวคิดที่ว่า มนุษย์เรานั้นมีการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองอยู่ตลอดเวลา แนวคิดนี้มักมีนักคิดกลุ่มพฤติกรรมนิยมไม่กี่คนเท่านั้นที่ไม่เห็นด้วย แนวคิดของ Strike จึงเป็นพื้นฐานของแนวคิดนักการศึกษาตลอดหลายปีที่ผ่านมา และใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานสำหรับการปฏิรูปเอกสารหลักสูตรของประเทศสหรัฐอเมริกาที่นำออกมาใช้ใน ช่วงปี 90's ซึ่งก็คือมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NRC, 1996 ของประเทศสหรัฐอเมริกา) โดยให้ความสำคัญกับการที่นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถสืบค้นหาความรู้ มีความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถสื่อสารสิ่งที่เข้าใจให้แก่บุคคลอื่นได้ ทฤษฎีการเรียนรู้การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่นำมาใช้กันมากในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีที่การเรียนรู้กลุ่มพุทธิปัญญานั้นมีแนวคิดที่สำคัญว่า ผู้เรียนแต่ละคนจะสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง มีทฤษฎีการเรียนรู้ที่แตกต่างกันหลาย

ทฤษฎี แต่ทั้งหมดล้วนอยู่ภายใต้แนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้กลุ่มพุทธิปัญญา ตัวอย่างเช่น ทฤษฎีกระบวนการประมวลผลข้อมูล (Information Processing) ทฤษฎีกระบวนการรู้คิดในบุคคล (Radical Constructivism) ทฤษฎีกระบวนการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ (Interactive Constructivism) ทฤษฎีสร้างความรู้เชิงสังคม (Social Constructivism) และทฤษฎีพัฒนาการ (Developmental Theory) ในที่นี้จะไม่กล่าวถึงรายละเอียดของทฤษฎีเหล่านี้ แต่จะพิจารณาเฉพาะนิยามของคำบางคำที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับแนวคิดของ เพียเจต์ (Piaget) และ ไวโกตสกี (Vygotsky) ซึ่งคำสำคัญต่าง ๆ เหล่านี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.4.4.1. การเรียนรู้ (Learning)
- 2.4.4.2. การเข้าใจ (Understanding)
- 2.4.4.3. กรอบแนวคิด (Conceptual framework)
- 2.4.4.4. การซึมซับ (Assimilation)
- 2.4.4.5. กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation)
- 2.4.4.6. การเกิดความไม่สมดุล (Disequilibrium)
- 2.4.4.7. การเปลี่ยนแนวคิด (Conceptual change)

คำต่าง ๆ เหล่านี้มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกัน โดยเริ่มจาก การเรียนรู้และการเข้าใจ ทั้งสองคำนี้ไม่เหมือนกัน ในมุมมองของนักจิตวิทยาการศึกษา “การเรียนรู้” หมายถึง การที่บุคคลได้รับความรู้บางอย่างเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจหมายถึงทักษะหรือเนื้อหา ส่วน “การเข้าใจ” หมายถึง ความสามารถที่ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ไปยังสถานการณ์ใหม่ๆและแตกต่าง เป้าหมายหลักของการสอนวิทยาศาสตร์ก็คือ “นักเรียนได้เรียนรู้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยความเข้าใจ” ความแตกต่างของศัพท์เหล่านี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะช่วยวางกรอบแนวคิดหรือกรอบความเข้าใจและแนวปฏิบัติในชั้นเรียนของครู ดังนั้น การเข้าใจจึงหมายถึง การสร้างกรอบแนวคิดหรือกรอบความเข้าใจซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เรียนสามารถใช้ในสถานการณ์ใด ๆ ก็ได้ ความเข้าใจจะคล้ายกับคลังความรู้ กล่าวคือ มนุษย์เรามีกรอบแนวคิด (Conceptual framework) ที่ใช้เก็บความรู้ กรอบแนวคิดจะมีลักษณะคล้ายกับแผนผังตาข่ายที่เชื่อมโยงกันรอบแนวคิดหนึ่งๆ เช่น ถ้าพูดถึงคำว่า “การตกปลา” ในหัวของคนทั่วไปจะมีภาพความหมาย และแนวคิดต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกัน นิยามคำว่า การตกปลาในความเข้าใจของคนเองอย่างอัตโนมัติ ซึ่งความเข้าใจนี้จะแตกต่างกันออกไปในแต่ละบุคคล ตัวอย่างเช่น คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตทะเลทรายที่ร้อนแห้งแล้ง อาจจะไม่สามารถเชื่อมโยงแนวคิดเกี่ยวกับการตกปลาในบริเวณที่มีน้ำแข็งไปยังกรอบแนวคิดของตนเองได้ เพราะว่ากรอบแนวคิดของเราแต่ละคนไม่เหมือนกันโดยที่แต่ละบุคคลนั้นจะมีกรอบแนวคิดของตนเองซึ่งขึ้นอยู่กับความรู้เดิมและสภาพแวดล้อมของบุคคลนั้น ๆ ถึงแม้ว่าเราจะได้รับข้อความหรือความรู้ที่เหมือนกัน แต่เราจะมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้ที่ต่างกันออกไป “การปฏิสัมพันธ์ความรู้” หมายถึงอะไร ทฤษฎีการเรียนรู้

กลุ่มพุทธิปัญญานิยม ได้มีแนวคิดว่า ผู้เรียนจะต้องมีการจัดการหรือต่อรอง (Negotiate) เพื่อปรับเปลี่ยนความหมายของสิ่งที่เข้าใจอยู่เดิมหรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ผู้เรียนมีความรู้เดิมของผู้เรียนอยู่แล้ว แล้วนำความเดิมนี้ไปปฏิสัมพันธ์กับความรู้ใหม่เพื่อจะเพิ่มเติมความรู้ให้มากขึ้น นอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องต่อรองกับความเข้าใจเดิมของตัวเองเพื่อสร้างความหมายของความรู้ใหม่ ผู้เรียนจะต้องต่อรองปรับเปลี่ยนความหมายกับบุคคลอื่น ๆ ที่ผู้เรียนจะต้องมีปฏิสัมพันธ์ด้วย นอกจากนี้ผู้เรียนยังต้องมีการต่อรองปรับเปลี่ยนความคิดเพื่อสร้างความเข้าใจผ่านตัวอักษร ซึ่งผู้เรียนจะต้องต่อรองแนวคิดความรู้เดิมของตัวเองกับอักษรในหนังสือ ในการเขียนก็เช่นเดียวกัน ผู้เรียนจะต้องทำการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความหมายระหว่างสิ่งที่เขาารู้อยู่แล้วกับสิ่งที่เขาคาดหวังว่าผู้อ่านจะสามารถเข้าใจได้ สิ่งเหล่านี้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับครูที่ต้องเข้าใจว่าการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดนั้นเป็นกระบวนการที่คงทน ซึ่งหมายความว่า ความรู้ใด ๆ นั้นไม่ได้เพียงแค่ส่งผ่านจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่ง แต่จะเป็นการที่ผู้เรียนแต่ละคนจะต้องผ่านกระบวนการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนแนวความคิดที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ ซึ่งจะถูกบันทึกเก็บไว้ในความทรงจำระยะยาว อย่างไรก็ตาม การที่นักเรียนมีความเข้าใจ สามารถจดบันทึกและส่งข้อความได้ก็ไม่ได้หมายความว่าสิ่งที่นักเรียนบอกนั้นจะเป็นสิ่งเดียวกันกับสิ่งที่นักเรียนเก็บไว้ในความทรงจำระยะยาวของตัวนักเรียนเอง แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความหมายนี้เป็นหนึ่งในทฤษฎีการเรียนรู้ที่สำคัญของไวโกตสกี (Vygotsky, 1978) ที่ทำให้เราเข้าใจการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

ถ้าการเรียนรู้หมายถึงการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความหมายของความรู้เดิมแล้ว จะมีกระบวนการเฉพาะใด ๆ หรือไม่ที่ทำให้นักเรียนเปลี่ยนจากการเรียนรู้แนวคิดไปเป็นผู้สร้างความเข้าใจแนวคิดนั้น ๆ ตั้งแต่ในช่วงกลางศตวรรษที่ 80 การศึกษาวิทยาศาสตร์ได้รับอิทธิพลจากการชี้นำความคิดเกี่ยวกับกระบวนการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change) การต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความหมาย (Negotiation) จะประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้สร้างแนวคิดในแบบที่สมบูรณ์มากกว่าแบบเดิม นั่นคือ กรอบแนวคิดของนักเรียนจะแตกต่างไปจากกรอบแนวคิดแบบเดิมที่เคยมีการตัดสินใจใด ๆ เพื่อเปลี่ยนแปลงกรอบแนวคิดล้วนเป็นการตัดสินใจที่เกิดขึ้นเฉพาะตัวบุคคล โดยแต่ละคนเลือกที่จะเพิ่ม ลด หรือคงสภาพเดิมของกรอบแนวคิดนั้น ๆ ไว้ ครูผู้สอนไม่สามารถควบคุมสิ่งที่เกิดขึ้นในหัวของผู้เรียนได้ แม้ครูผู้สอนจะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้แต่ก็ไม่สามารถควบคุมกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสมองของผู้เรียนแต่ละคนได้ ดังนั้นการที่บุคคลใด ๆ จะเปลี่ยนแปลงสิ่งที่เขาเชื่อ นั่นเขาจำเป็นต้องตัดสินใจว่าเขาพอใจแค่ไหนกับสิ่งที่เขารู้อยู่ เมื่อเขาได้ตรวจสอบแนวคิดหรือความรู้ใหม่

การอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถอธิบายได้ด้วยคำ 3 คำดังนี้ การขาดสมดุลทางความคิด (Disequilibrium) ความไม่พอใจทางความคิด (Dissatisfaction) และกระบวนการทางความคิด (Perturbation) ซึ่งใช้สำหรับอธิบายสภาพของผู้เรียนเมื่อพบกับบางสิ่ง

บางอย่างที่ใหม่และแตกต่างจากสิ่งที่เขาเชื่ออยู่ การเปลี่ยนแปลงกรอบความรู้เดิมที่มีอยู่นั้นเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนรู้สึกว่าสิ่งเดิมที่รู้ยังไม่สามารถอธิบายปัญหาหรือหัวข้อประเด็นใหม่ที่เขาพบเจออยู่ ถึงแม้จะมีคนบอกว่าสิ่งที่เขารู้อยู่นั้นผิดแต่ก็ไม่สามารถเปลี่ยนแนวคิดของเขาได้ หลักฐานที่บ่งชี้ในเรื่องนี้ก็คือการที่ครูไม่สามารถทำให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาที่สอน ไม่ว่าจะพยายามอย่างมากมายเท่าใดก็ตาม ดังนั้นในขั้นตอนแรกที่จะทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนแนวคิดได้ คือจะต้องให้ผู้เรียนเกิดความไม่พอใจกับสิ่งที่เขาเข้าใจและเชื่ออยู่ในขณะนั้นและตัวนักเรียนเองจะต้องตัดสินใจเกี่ยวกับคุณค่าของความรู้ใหม่ที่รับเข้ามา การเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change) ของผู้เรียนนั้นจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าความรู้ใหม่ต้องมีเหตุผลน่าเชื่อถือสมเหตุสมผล (Plausible) สามารถเข้าใจได้ (Intelligible) นอกจากนี้แล้วความรู้ใหม่จะต้องเป็นจริงและมีคุณค่าต่อตัวผู้เรียนเสมอ หลายครั้งที่ครูมักจะถามตัวเองเสมอว่าเหตุใดผู้เรียนทำความเข้าใจกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ได้ยากนัก ทั้ง ๆ ที่ครูได้พยายามถ่ายทอดและนำเสนออย่างเหมาะสมมากที่สุดแล้ว แต่ครูก็ไม่เคยรู้เลยว่าสิ่งที่ถ่ายทอดไปนั้นมีความหมายต่อตัวผู้เรียนแล้วหรือยัง เมื่อผู้เรียนตัดสินใจได้แล้วว่าความรู้นั้นมีคุณค่าและมีเหตุผลที่น่าเชื่อถือ ผู้เรียนจะเชื่อถือความรู้นั้นหรือไม่ ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (Conceptual change theory) ได้ใช้คำว่าเป็นประโยชน์ (Fruitful) และที่เป็นไปได้ (Feasible) ในการอธิบายสถานการณ์ที่ผู้เรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดใหม่ จากแนวคิดที่อ่านทฤษฎีได้อธิบายว่าผู้เรียนจะใช้ความรู้แนวคิดใหม่ต่อเมื่อแนวคิดใหม่สามารถใช้แก้ไขปัญหาจากแนวคิดเก่าที่ไม่สามารถแก้ไขได้ ซึ่งนั่นก็หมายความว่าแนวคิดใหม่นี้ได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของกรอบแนวคิดของผู้เรียนแล้ว นักวิชาการได้เสนอว่ากระบวนการดังกล่าวต้องใช้เวลา อาศัยการทำซ้ำในสถานการณ์ที่แตกต่างกันและหลากหลาย ส่วนที่สำคัญคือในกระบวนการเปลี่ยนแปลงแนวคิดจะเกิดการแข่งขันกันระหว่างแนวคิดเดิมกับแนวคิดใหม่ ถ้าหากว่าแนวคิดใหม่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาได้มากกว่าหรือใช้ได้ในสถานการณ์ที่หลากหลายกว่าก็จะทำให้แนวคิดใหม่นี้เด่นกว่าแนวคิดเดิมซึ่งเป็นกรอบแนวคิดของผู้เรียนที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

มีข้อถกเถียงกันอย่างมากมายเกี่ยวกับคำถามที่ว่า เกิดอะไรขึ้นระหว่างกระบวนการเรียนรู้ คำสำคัญของ 2 คำที่เสนอโดยเพียเจต์ (Piaget and Inhelder, 1969) ได้แก่ การซึมซับแนวคิด (Assimilation) การปรับและจัดระบบ (Accommodation) ได้ถูกนำมาอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ในแง่ของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อกรอบแนวคิดที่มีอยู่เดิม เพียเจต์ได้อธิบายเกี่ยวกับระดับของการเปลี่ยนแปลงแนวคิดว่า ถ้าผู้เรียนเพิ่มเติมความรู้ใหม่เข้าไปในกรอบแนวคิดเดิมที่มีอยู่ โดยที่ความรู้ใหม่ไม่ใช่สิ่งที่เป็นแนวคิดเดิม แต่เป็นความรู้ใหม่ที่เข้าไปขยายเพิ่มเติมกรอบแนวคิดให้กว้างขึ้นและเข้มแข็งมากขึ้น เราเรียกเหตุการณ์ลักษณะนี้ว่า การซึมซับ (Assimilation) ความรู้ใหม่เข้าไปยังกรอบแนวคิดเดิม โดยผู้เรียนไม่ได้เปลี่ยนแปลงแนวสิ่งที่เขาเชื่ออยู่เดิม แต่ถ้ามีการพัฒนาต่อยอดหรือสร้างเครือข่ายกรอบแนวคิดใหม่ จะใช้คำว่า การปรับโครงสร้างทางปัญญา

(Accommodation) ซึ่งผู้เรียนจะต้องมีการปรับเปลี่ยนเครือข่ายของกรอบแนวคิดใหม่ให้สัมพันธ์กับกรอบแนวคิดเดิม ที่สำคัญคือต้องเข้าใจว่ากระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาของกรอบแนวคิดนั้นไม่ได้เกิดขึ้นได้ง่ายนัก แต่เป็นกระบวนการที่ต้องใช้เวลา โดยต้องการการทำซ้ำ ซึ่งผู้เรียนเท่านั้นคือคนที่ตัดสินใจเกี่ยวกับกรอบแนวคิดของตนเอง และเป็นผู้กำหนดเองว่าจะต้องมีการทำซ้ำในการใช้ความรู้นั้นเท่าใด จึงจะยอมรับแนวคิดนั้น กล่าวโดยสรุปคือ การสร้างความเข้าใจคือการที่บุคคลใด ๆ ได้นำกรอบแนวคิดของตนเองไปเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่โดยได้พยายามใช้ความรู้ใหม่ในสถานการณ์ที่หลากหลาย ซึ่งผู้เรียนจะทำการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดหรือสร้างความหมายใหม่จากสถานการณ์ที่พบโดยที่กรอบแนวคิดของพวกเขาจะเป็นตัวลั่นกรองความรู้ใหม่

จากแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่กล่าวมาแล้วพบว่า ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้ประสบความสำเร็จนั้น ผู้เรียนจะต้องอาศัยเครื่องมือที่สำคัญในการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนความคิดในการสร้างความหมายหรือความเข้าใจที่เกิดขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งนั่นก็คือภาษา ถ้าหากความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และภาษาถูกสร้างภายในบริบทของวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมปฏิบัติที่มีการใช้ภาษาแทรกอยู่ด้วยแล้ว นักเรียนจะมีความมั่นใจทั้งในวิทยาศาสตร์และภาษาสูงขึ้น

2.4.5 การเขียนกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การเขียนเป็นการสื่อสาร หรือบันทึกถ่ายทอดภาษาเพื่อแสดงออกซึ่งความรู้ ความคิด ความรู้สึก และอารมณ์โดยใช้ตัวอักษรและเครื่องหมายต่าง ๆ เป็นสื่อ การเขียนเป็นทักษะการใช้ภาษาที่ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้จากการฟัง การพูด และการอ่าน เพราะจากพื้นฐานดังกล่าวจะทำให้มีความรู้ มีข้อมูล และมีประสบการณ์เพียงพอที่จะให้เกิดความคิด ความสามารถในการเรียบเรียงและถ่ายทอดเป็นความคิดออกมา สื่อสารกับผู้อ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.6 เกิดอะไรขึ้นในขณะที่นักเรียนกำลังเขียน

มีหลายทฤษฎีที่นำมาใช้อธิบายว่ามนุษย์เรียนรู้โดยอาศัยการเขียนในการเรียนรู้เรื่องใด ๆ ได้อย่างไร ทฤษฎีเหล่านี้ได้บอกว่าการเขียนตอบคำถามประเภททดสอบความรู้ความจำ ไม่ใช่การเขียนเพื่อการเรียนรู้ เช่น การให้นักเรียนระบุส่วนต่าง ๆ ของดอกไม้ หรือการให้นักเรียนเขียนธาตุ 20 ตัวแรกของตารางธาตุ เป็นเพียงกิจกรรมทดสอบความจำ ไม่เป็นกิจกรรมหรืองานเพื่อการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามเมื่อการเขียนถูกมองว่าเป็นกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ จากมุมมองเชิงทฤษฎีที่ใช้อธิบายเกี่ยวกับแนวคิดนี้ว่า เมื่อบุคคลใด ๆ ลงมือปฏิบัติการด้านการเขียนในวิทยาศาสตร์ เขาจะต้องใช้ความรู้ 2 ส่วน คือ ความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และความรู้ในเรื่องของภาษา ดังนั้น ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้และให้โอกาสนักเรียนได้จัดจ่อมมีสมาธิอยู่กับการ

เขียนที่ทำให้นักเรียน “เกิดความคิด” (Ideating) ได้ การเกิดความคิดนี้ (Goodman, 2003) กล่าวว่า เป็นการนำเอาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และความรู้ด้านภาษาศาสตร์มาใช้ร่วมกันในการสร้างความหมาย ซึ่งในที่นี้เป็นการสร้างความหมายที่เขียนลงในกระดาษ วิธีที่ครูวิทยาศาสตร์สามารถสร้าง “พื้นที่” เพื่อให้เด็กเรียนได้มีโอกาสเขียนเพื่อการเรียนรู้คือการเขียนลงในสมุดวิทยาศาสตร์ สมุดบรรทุกเหล่านี้ไม่ได้เป็นเพียงสมุดบันทึกสิ่งที่สังเกตได้จากการทดลอง หากแต่สมุดบันทึกนี้ควรจะเป็นพื้นที่สำหรับให้นักเรียนเขียนเพื่อให้เกิดความคิดต่อยอดไปเรื่อย ๆ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความหมายด้วยการใช้วิทยาศาสตร์และภาษาที่เกี่ยวกับการตั้งคำถาม คำกล่าวอ้าง หลักฐาน ข้อมูลที่คนอื่นกล่าวไว้ และข้อสะท้อน ความคิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความคิดของตนเอง

การเขียนมีหลากหลายรูปแบบ การเขียนเพื่อตนเองเป็นหนึ่งในแนวทางการเขียนที่สำคัญเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเขียนเพื่อตัวเองเป็นวิธีที่สร้างจินตนาการหรือสร้างความสงสัย และค้นหาเกี่ยวกับความเชื่อ ความคิดของตนเอง ซึ่งจะพัฒนาเป็นความเข้าใจต่อไป นอกจากนี้ ยังมีวิธีการเขียนอื่นอีกมากมายที่แสดงให้เห็นถึงการต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนทางความคิดเพื่อสร้างความหมายของผู้เรียน เช่น การร่างแบบ การเขียนแผนภาพ การเขียนข้อความหรือแนวคิดที่น่าสนใจ การสร้างรายการข้อความ ทั้งหมดนี้เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนไม่มีความรู้สึกต้องกังวลและมีอิสระที่สามารถลองผิดลองถูกกับความคิดที่กำลังพัฒนาขึ้นของพวกเขา การสำรวจกระบวนการคิดของตนเอง เป็นการแสดงถึงความตระหนักถึงความสามารถในการเรียนรู้ของตัวนักเรียนที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งการเขียนในรูปแบบนี้ไม่ใช่รูปแบบการเขียนให้คะแนน การเขียนเพื่อสร้างความคิดเป็นเพียงวิธีหนึ่งที่ยั่งยืนต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (Goodman, 2003) กลวิธีการเขียนเพื่อการเรียนรู้ถูกบูรณาการผสมผสานเข้าไปในประสบการณ์การเรียนรู้ขณะที่นักเรียนได้เขียนอย่างมีเป้าหมายในกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ นักเรียนต้องมีเหตุผลเป้าหมายในการเขียนเพราะนักเรียนจำเป็นต้องเขียนเพื่อคิด บันทึกข้อสังเกต สร้างคำกล่าวอ้าง เก็บหลักฐาน และสื่อสารกับผู้อ่านที่หลากหลาย อีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญในการเขียนในห้องเรียนก็คือ การเขียนสรุป ในการสรุปตอนท้ายของหน่วยการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องเขียนข้อสรุปจากการเรียนรู้ของพวกเขาเอง ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตนและมีเป้าหมายสำหรับผู้อ่านที่แตกต่างกันออกไป ภาระงานของนักเรียนนี้ไม่ใช่เพียงแค่การรายงานหรือการนำเสนอการเรียนรู้ แต่เป็นการสร้างบทสรุปเพื่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากข้อสรุปนั้นอธิบายสิ่งที่พวกเขาได้ต่อรองความคิดและปรับเปลี่ยนความเข้าใจของตนเองไปจนเป็นความเข้าใจที่มีอยู่ในขณะนั้นและถูกบรรจุลงในกรอบความคิดของนักเรียนแต่ละคน

2.4.7 เจาะลึกสำคัญของการเขียน

ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา มีหลายงานวิจัยที่มุ่งความสนใจไปที่การลงมือปฏิบัติการเขียน (Bazerman, 2008) จากการศึกษาและการวิเคราะห์งานวิจัย และทฤษฎีที่ระบุถึงองค์ประกอบสำคัญ

ที่ใช้ในการส่งเสริมและพัฒนาการเขียนของนักเรียน H. Cambourne (1987) ได้นำเสนอเงื่อนไขสำคัญ 7 ประการที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่สำคัญในชั้นเรียน ได้แก่

2.4.7.1 การมีจิตใจจดจ่อ (Immersion) นักเรียนต้องมีจิตใจจดจ่อที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมในประสบการณ์ที่หลากหลายในการใช้ภาษาทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอ่าน การเขียน การพูด และการฟัง ซึ่งการทำให้นักเรียนมีจิตใจจดจ่อได้ จำเป็นต้องมีตำราหนังสือ ผู้อ่าน และวัสดุอุปกรณ์ที่หลากหลายสำหรับนักเรียน เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียนให้จดจ่ออยู่กับกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.4.7.2 การสาธิต (Demonstration) ครูสาธิตเกี่ยวกับการใช้ภาษาให้นักเรียนเห็นอย่างต่อเนื่องมีความจำเป็นสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้วิธีการใช้ภาษา แทนที่จะเป็นการจำลองและคาดหวังให้นักเรียนให้ทำสิ่งที่ครูทำ

2.4.7.3 การคาดหวัง (Expectation) ครูจะต้องมีความคาดหวังในตัวนักเรียนว่านักเรียนทุกคนจะสามารถใช้ภาษาได้ในโอกาสต่าง ๆ

2.4.7.4 ความรับผิดชอบ (Responsibility) เมื่อได้ให้โอกาสและมีความคาดหวังกับนักเรียนแล้ว นักเรียนจะต้องได้รับความไว้วางใจ และได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบในการใช้ภาษา

2.4.7.5 การใช้ (Use) หากนักเรียนนั่งเงียบเฉียบๆ และไม่เคยใช้ภาษา หรือไม่เคยที่จับ

ปากกาเพื่อเขียนด้วยตนเองแล้ว พวกเขาจะไม่มีโอกาสได้ใช้ภาษาเลย ดังนั้นพวกเขาจะมีความยากลำบากในการเรียนรู้ภาษา

2.4.7.6 การกะประมาณ (Approximation) ทางภาษาอาจหมายถึงการที่นักเรียนเขียนสะกดผิดสะกดถูก และในทางวิทยาศาสตร์อาจหมายถึงครูจะต้องให้เวลานักเรียนในการตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนของตนเอง

2.4.7.7 การตอบสนอง (Response) เงื่อนไขหลักสำคัญก็คือ นักเรียนทุกคนต้องได้ข้อมูลย้อนกลับไม่ว่าจะได้จากเพื่อนร่วมห้อง จากครู จากครอบครัว หรือจากผู้อ่าน ข้อมูลที่ส่งกลับมีความสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของนักเรียน

Cambourne ยังกล่าวต่อไปอีกว่า การเขียนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีนั้นจะไม่เกิดขึ้นเลย ถ้าหากนักเรียนไม่มีความสนใจใฝ่รู้ นอกจากนี้แล้ว นักเรียนจะต้องมีอิสระในการเสี่ยงลองผิดลองถูกในการคิดและพัฒนาความเข้าใจของตนเอง นอกจากนี้ Graves และ Kittle (2005) ยังเสนอว่าการเขียนที่ดีนั้นจะต้องอาศัยเวลา การสร้างบรรยากาศในห้องเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเขียนเพื่อการเรียนรู้ได้นั้น เวลาและสถานที่จะต้องถูกจัดเพื่อที่ให้นักเรียนสามารถจดจ่ออยู่กับงานเขียนของพวกเขา นอกจากนี้ Graves ยังได้ระบุอีกว่า ทางเลือกและอิสระในการเขียนเป็นส่วนสำคัญในการกระตุ้นการเขียนที่ดี นักเรียนทุกคนต้องการโอกาสในการเขียน อ่าน และอภิปรายงานเขียนของพวกเขาเอง ครู

จะต้องมีการเตรียมหนังสือประเภทต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นหนังสือสำหรับเด็กหรือหนังสืออื่น ๆ รวมทั้งต้องมีการสาธิตเกี่ยวกับงานเขียนที่ดีเพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับประเภท สารระสำคัญ รูปแบบ และกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้พวกเขาจำจึกและสามารถพัฒนาการเขียนของตนเองได้

2.4.8 องค์ประกอบที่สำคัญในการใช้ภาษาและการเขียนในห้องเรียนวิทยาศาสตร์

ครูผู้สอนจะต้องตรวจสอบองค์ประกอบหลัก 3 ประการของการเขียนในการเรียนรู้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ เป้าหมายหรือจุดประสงค์ รูปแบบการเขียนที่ใช้ และผู้อ่านที่เป็นเป้าหมาย ข้อพิจารณาเหล่านี้คือสิ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์กับภาษาและวิทยาศาสตร์

ประการแรก การใช้ภาษาและการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีเป้าหมายที่ชัดเจน ถ้าหากไม่มีเป้าหมายในการใช้ภาษาแล้ว ครูมีความยากลำบากในการสร้างพื้นที่สำหรับการเรียนรู้ที่นักเรียนจะต้องตั้งคำถามต่อกรอบแนวคิดความเข้าใจของตัวนักเรียนเอง เป้าหมายนี้มีความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ของภาษาและการนำเสนอต่อผู้อ่านที่เป็นเป้าหมาย

ประการที่สอง รูปแบบการเขียนที่ใช้ ในการพิจารณารูปแบบของการใช้ภาษาเขียน ครูจะต้องคำนึงถึงการกระตุ้นความสนใจใฝ่รู้ในภาษาของนักเรียนด้วยวิธีการที่แตกต่างและหลากหลายของรูปแบบการเขียน ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจะได้เรียนรู้เพื่อที่จะโน้มน้าวให้ข้อมูล ตั้งคำถาม ตั้งข้อสงสัย วางระเบียบ จินตนาการ ร่วมมือร่วมใจ และได้แย้ง ซึ่งนักเรียนจะได้รับประสบการณ์และเรียนรู้เกี่ยวกับรูปแบบการใช้ภาษาที่หลากหลายผ่านการใช้ภาษาของตัวนักเรียนเอง

ประการที่สาม ผู้อ่านที่เป็นเป้าหมายสามารถเป็นได้ทั้งบุคคลที่รู้จักและไม่รู้จัก อาจเป็นคนที่อยู่ใกล้หรืออยู่ไกล นักเรียนสามารถเขียนให้เพื่อนสมาชิกในครอบครัว เพื่อนักเรียนห้องอื่นอ่านได้ ในทางอุดมคติแล้ว สิ่งที่สำคัญคือ การที่ผู้อ่านได้ให้ข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้เขียนทั้งที่เป็นแบบการเขียนหรือการพูด ทำให้ผู้เขียนมีโอกาสในการเรียนรู้ที่จะต่อรองเพื่อปรับเปลี่ยนทางความคิดในการสร้างความหมาย นักเรียนไม่ได้ต้องการแค่ข้อมูลป้อนกลับในตอนท้าย แต่พวกเขาต้องการโอกาสในการอภิปรายแลกเปลี่ยนตลอดเวลาของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทุกครั้งที่พวกเขาเขียนซึ่งจะเป็นการกระตุ้นกระบวนการเขียนที่สื่อสารไปยังเพื่อนหรือกลุ่มเพื่อนขนาดเล็กได้

การใช้ภาษาและทักษะการเขียนอาจจะเป็นสิ่งที่ทำกันอยู่เป็นประจำแต่สามารถปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับว่าจะเน้นให้มีการเรียนรู้อะไรและจัดวิธีการเขียนอย่างไร ซึ่งต้องคำนึงถึงหัวข้อประเภท เป้าหมาย ผู้อ่าน และวิธีการสร้างงานเขียน การประเมินงานเขียนก็ถือว่าเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญเช่นกัน อย่างไรก็ตาม จากแนวคิดที่ว่าผู้เรียนคือผู้ควบคุมการเรียนรู้ ดังนั้น จึงมีความ

จำเป็นต้องให้ผู้เรียนอยู่ในส่วนของการประเมินด้วย โดยให้ผู้อ่านเป็นผู้ให้ข้อมูลป้อนกลับและเป็นผู้ประเมินนอกเหนือจากครูที่เป็นผู้ประเมินอยู่แล้ว

2.4.9 แนวทางการประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในชั้นเรียน

เมื่อวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 แล้ว พบว่าในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทย นอกจากการได้ระบุมাত্রฐาน สาระการเรียนรู้ และตัวชี้วัดแล้ว หลักสูตรแกนกลางฯ 2551 ยังได้กำหนดและระบุสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียนไว้ 5 ประการ อันได้แก่

- 2.4.9.1 ความสามารถในการสื่อสาร
- 2.4.9.2 ความสามารถในการคิด
- 2.4.9.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 2.4.9.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- 2.4.9.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

ประมวล สิริผ้นแก้ว (2552, อ้างถึงใน สกนธ์ชัย ชะชูพันธ์, 2557) วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะที่สำคัญทั้ง 5 ด้าน โดยเน้นการใช้วิธีการสืบเสาะและเทคนิคการสอนที่เหมาะสมกับวิทยาศาสตร์ จากสมรรถนะที่กล่าวมานี้ เมื่อพิจารณากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และวิเคราะห์ถึงความเกี่ยวข้องกับทักษะด้านการเขียนจะพบว่า จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับสมรรถนะที่ 1 ความสามารถในการสื่อสาร และสมรรถนะที่ 2 ความสามารถในการคิด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมรรถนะที่ 1 ความสามารถในการสื่อสารเป็นความสามารถในการรับส่งสาร มีวัฒนธรรมการใช้ภาษา ถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร ประสพการณ์อันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้ง การเลือกรับและไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นมิกิจกรรมให้นักเรียนสำรวจตรวจสอบ ซึ่งต้องอาศัยการสังเกต สำรวจ ทดลอง และสืบค้น เมื่อเสร็จสิ้นแล้วจะมีการนำเสนอผลงานต่อเพื่อนร่วมชั้นและครู หรือในบางเรื่องอาจจะต้องนำเสนอแก่ชุมชนในลักษณะต่าง ๆ เช่น การกระจายเสียงตามสาย วิทยุชุมชน แผ่นพับ โปสเตอร์ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะเป็นการฝึกฝนทักษะในการสื่อสาร โดยเฉพาะทักษะการเขียน ผู้เรียนจะต้องมีการฝึกฝนทักษะการเขียนและทักษะที่เกี่ยวข้อง มีการวิเคราะห์เลือกใช้ภาษาที่เหมาะสม ความเป็นเหตุผลของสาระสำคัญที่นำเสนอ มีการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ เพื่อความเข้าใจอันดีงามในสังคมแห่งการเรียนรู้

สมรรถนะที่ 2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบเพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ หรือสารสนเทศ การตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถพัฒนากระบวนการคิดได้อย่างหลากหลาย ดังตัวอย่าง เช่น

การคิดวิเคราะห์ เป็นการคิดแยกแยะ หาสิ่งใหม่ และแตกต่าง จัดลำดับเหตุการณ์ จัดกลุ่ม หารูปแบบ จัดระบบ จัดลำดับความสำคัญ หาเหตุ-ผล-ผลกระทบ เช่น

1. การวิเคราะห์หาเหตุ - ผล - ผลกระทบ และผลที่ตามมาของภาวะโลกร้อน
2. การวิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างของสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
3. การจัดประเภทสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ โดยใช้ลักษณะที่เหมือนกัน
4. การจัดลำดับซากดึกดำบรรพ์
5. การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองโดยการเขียนกราฟ
6. การวิเคราะห์ตัวแปรของการทดลอง

การวิเคราะห์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ผู้เรียนจะต้องใช้การเขียนให้เกิดการวิเคราะห์ที่ชัดเจนถูกต้อง และตรงตามเป้าหมายที่ต้องการ การคิดสังเคราะห์เป็นการหลอมรวมส่วนย่อยต่าง ๆ เป็นข้อสรุป การสรุปผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล การหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้หรือสมการ เช่น การสรุปผลการทดลองจากข้อมูลการวิเคราะห์ การสรุปหาความสัมพันธ์ของตัวแปรจากกราฟ และการสรุปใจความสำคัญจากการอ่านเรื่องต่าง ๆ เป็นต้น ในส่วนของการคิดสังเคราะห์นี้ การเขียนจะมีบทบาทอย่างมาก โดยครูผู้สอนจะต้องวางลำดับการเขียนและมีส่วนกระตุ้นให้ผู้เรียนใส่ใจเป็นพิเศษในการเขียนสังเคราะห์นี้

การคิดสร้างสรรค์เป็นการคิดหาสิ่งใหม่ ๆ เช่น คิดในสิ่งที่เคยมีใครคิดมาก่อน คิดนอกกรอบ คิดหาทางเลือกและแนวทางแก้ปัญหา การทำนาย จินตนาการ การตั้งสมมติฐาน การวางแผน การทดลอง การประดิษฐ์คิดค้นหาสิ่งใหม่ ๆ การกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีการคิดสร้างสรรค์อยู่บนพื้นฐานของความรู้และทักษะการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ที่ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเช่น การสำรวจ ตรวจสอบ การทำโครงการวิทยาศาสตร์ เป็นหนึ่งในแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ การตั้งสมมติฐานที่สร้างสรรค์ การออกแบบการสำรวจที่หลากหลาย การประดิษฐ์เครื่องมือเครื่องใช้อย่างสร้างสรรค์ และการออกแบบการแสดงบนเวที ขั้นตอนของการคิดสร้างสรรค์นี้ การเขียนจะเข้ามามีบทบาทโดยตรงในแง่ของการออกแบบและสะท้อนแนวความคิดออกมา ซึ่งผู้เรียนจะต้องเขียนสะท้อน

ออกมา ไม่ว่าจะเป็นการวางแผน สํารวจตรวจสอบ การเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการทำโครงการ วิทยาศาสตร์ การตั้งคำถามการทดลองที่แตกต่างกันอย่างสร้างสรรค์ ขั้นตอนและกระบวนการคิด สร้างสรรค์ ดังนั้น ครูผู้สอนจะต้องระบุงการเขียนและรูปแบบการเขียนให้ชัดเจนเพื่อผู้เรียนจะสามารถ พัฒนาและแสดงศักยภาพการคิดสร้างสรรค์ในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่

การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ เป็นการแสดงความคิดเห็นต่อสิ่งต่าง ๆ หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างมีเหตุผล มีประจักษ์พยานหรือข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ การคิดวิจารณ์ญาณจะเกิดขึ้นได้ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์มาก่อน การแยกแยะ เชื่อมโยงข้อมูลสารสนเทศ แล้วจึงนำมา พิจารณาหาเหตุผลความสมเหตุสมผล (ตรรกะ) ความจริง ความเท็จ ซึ่งนำไปสู่การวิพากษ์อย่าง สร้างสรรค์ และตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล เช่น การวิพากษ์รายงานการทดลอง หรือโครงการ อภิปรายประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม การโต้ความคิด (Debate) เกี่ยวกับสิ่งท้าทายทางวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน การสะท้อนความคิดจากสิ่งที่ได้ทำไป เป็นต้น ส่วนการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ การเขียนจะต้องมีการวิพากษ์และวิจารณ์งานเขียนที่เป็นสิ่งคู่กัน ดังนั้นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเขียนนี้ ผู้เรียนจะต้องได้มีโอกาสวิพากษ์วิจารณ์งานเขียน ของคนอื่น ๆ และจะต้องได้รับการวิพากษ์วิจารณ์งานเขียนของตนเองจากคนอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน เพื่อ เป็นการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่ครอบคลุมและรอบด้าน

การคิดเป็นระบบการคิดให้ครบถ้วนทั้งระบบ เช่น การวิเคราะห์ปัจจัยป้อนเข้า (Input) กระบวนการ (Process) ผลผลิต (Output / Outcome) และผลกระทบ (Impact) การวิเคราะห์ ปัญหาโดยหาสาเหตุ ผลที่เกิดขึ้น ผลกระทบที่ตามมา ผลที่เกิดขึ้นต่อเนื่องและความเสี่ยง เช่น การ วิเคราะห์ปัญหาการใช้พลังงานในชุมชน การวิเคราะห์ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น สำหรับการเขียนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แล้ว โดยธรรมชาติของการเขียนด้านนี้จะเป็นการพัฒนา ความคิดเชิงระบบอยู่แล้ว สิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษก็คือการเลือกกิจกรรมการเขียน และหัวข้อเรื่องที่ทำให้ผู้เรียนเขียน เช่น การเขียนรายงานทดลอง การเขียนเสนอแนวคิดการแก้ปัญหา ท้องถิ่นโดยการใช้วิทยาศาสตร์ เป็นต้น โดยครูผู้สอนจะต้องวางลำดับกิจกรรม เน้นให้มีการตรวจสอบ และแลกเปลี่ยนงานเขียนกันอ่านวิพากษ์วิจารณ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

จากแนวคิดที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การเขียนเป็นทักษะที่สำคัญทางภาษาและมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเขียนเป็นการขับเคลื่อนกระบวนการคิดซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียน จำเป็นต้องใช้ และได้รับการฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ ด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย

2.5 การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

National Research Council (1996) ได้เน้นการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปในรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะ นักเรียนจะได้รับการพัฒนาประสบการณ์ความรู้ให้ดีขึ้นเมื่อ นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เป็นวัฏจักร (Farrell, Moog, & Spencer, 1999) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างมากมายเพื่อรองรับความต้องการที่จะสอนให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้เอง นอกจากนี้ การเรียนการสอนกิจกรรมการทดลอง วิทยาศาสตร์ยังถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้การเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์สามารถสร้างแรงจูงใจและน่าตื่นเต้น (Lonning, 1993) ถึงแม้ว่างานในห้องปฏิบัติการจะได้รับความนิยมมาอย่างยาวนาน แต่ในช่วงปี 1970s ทั้งปริมาณและคุณภาพของ บุคลากรที่ทำหน้าที่สอนในห้องปฏิบัติการกลับลดลง จึงสะท้อนได้ว่าผู้คนไม่ค่อยให้ความสนใจกับ วิทยาศาสตร์ (Lonning, 1993; Pickering, 1993) ในการทำงานในห้องปฏิบัติการกลายเป็นการสร้าง สิ่งที่น่าเบื่อ ขั้นตอนแต่ละขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติมีแต่การจัดการที่น่าเบื่อ (Pickering, 1993)

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นั้น ได้ถูกพัฒนาคิดค้นขึ้น โดย Carolyn Keys, Brian Hand, Vaughan Prain และ Susan Collins (Keys, Hand, Prain, & Collins, 1999) จากการเรียนการสอนแบบโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการแก้ปัญหาที่มีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้ช่วยให้นักเรียนได้สร้างความรู้ความเข้าใจในขณะที่กำลังฝึกปฏิบัติ เข้าใจในธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์ และสนับสนุนความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ (Omar, 2004) โดยเน้นที่ ข้อสรุปหรือข้อ กล่าวอ้าง (Claims) พยานหลักฐาน (Evidence) และ การสะท้อนผล (Reflection) (Hand, Prain, & Wallace, 2002)

พยานหลักฐานให้การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้จะช่วยให้นักเรียนได้สร้างความหมายของ ข้อมูลได้ง่ายขึ้น สร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูล พยานหลักฐาน ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป และ กระบวนการต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน รวมถึงช่วยกระตุ้นความสามารถในการควบคุมความคิดของตนเอง (Metacognition) ความเข้าใจที่คลุมเครือในเรื่องธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ในตอนเริ่มต้นของ นักเรียนจะถูกปรับปรุงให้มีความซับซ้อนมากขึ้น กว้างขึ้น และเฉพาะเจาะจงมากขึ้น (Keys et al., 1999 : 1065)

Keys และคณะ (1999) ได้ให้คำจำกัดความของเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้ว่า เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic: SWH) เป็นรูปแบบการเขียนเพื่อการ เรียนรู้ (Writing-to-Learn) จากการทำกิจกรรมการทดลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา และสามารถ ใช้เป็นกรอบการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยผู้สอน เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้ยังเป็น เครื่องมือที่จะทำให้ทั้งผู้สอนและผู้เรียนได้ทำกิจกรรมและเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกันผ่านกิจกรรม

การทดลองในการสืบเสาะหาความรู้ ในการทำกิจกรรมการทดลองแบบดั้งเดิม จะมีการเขียนหัวข้อหลักที่ใช้ในการดำเนินการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองที่ถูกออกแบบโดยครูผู้สอน

ตารางที่ 1 แสดงการเขียนหัวข้อหลักแบบดั้งเดิม (Write-Up)

คำถามการทดลองแบบเดิม
<ol style="list-style-type: none"> 1. หัวข้อ (Title) 2. จุดประสงค์ (Purpose) - คำถามอะไรที่เราต้องการคำตอบ ? 3. ขั้นตอนการทดลอง (Procedure) – เราจะหาคำตอบได้อย่างไร 4. ข้อมูล (Data) – การสังเกตและการวัดผล 5. ผลการทดลอง (Result) - สรุปผลของข้อมูล (ในรูปแบบกราฟ หรือตาราง) 6. สรุปผลการทดลอง (Conclusion) – ตรวจสอบข้อสรุปกับจุดประสงค์ของเรา

ในกิจกรรมการทดลองแบบดั้งเดิมจะสนับสนุนการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (การวัด การใช้เครื่องมือ ความปลอดภัย ฯลฯ) และสอนให้นักเรียนทำงานร่วมกัน โดยที่ไม่มีคำถามแนะนำแนวทาง รูปแบบนี้ไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนได้สร้างความหมายของสิ่งที่นักเรียนคาดหวังที่จะใช้หลักฐานที่ตนเองค้นพบเพื่อมาตอบข้อกล่าวอ้างที่ตนเองตั้งคำถาม นอกจากนี้การทำกิจกรรมทดลองในแบบดั้งเดิมถึงแม้ว่าจะช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปผลการทดลองได้ แต่อาจยังมีหลักฐานและข้อสนับสนุนอื่น ๆ ที่สนับสนุนคำตอบอื่น ๆ จากที่นักเรียนได้ปฏิบัติมา แต่การจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้ช่วยจัดหัวข้อในการจัดกิจกรรมการทดลอง และช่วยตรวจสอบคำตอบว่าคำตอบนั้นถูกต้องหรือไม่ ไม่ว่ากิจกรรมการทดลองจะสำเร็จหรือล้มเหลวก็จะช่วยให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ส่วนตัวของนักเรียน

ในทางกลับกัน เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้จะช่วยเชื่อมโยงส่วนที่ขาดหายไปในการทำกิจกรรมการทดลอง และทำให้การเรียนรู้นั้นเป็นการเรียนรู้ประสบการณ์ที่มีความหมาย แทนที่จะตอบคำถามหรือตอบคำถามตามรูปแบบที่ตายตัว (จุดประสงค์ สมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ข้อมูลสรุปผลการทดลอง) นักเรียนจะได้เขียนสิ่งที่ตัวเองอยากรู้ด้วยตนเอง เช่น

1. ฉันอยากรู้อะไร ?
2. ฉันคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น ?
3. ฉันจะทำอย่างไร ?
4. ฉันคิดถูกหรือไม่ ?
5. คนอื่นคิดอย่างไร ?
6. ฉันมีหลักฐานใดมาสนับสนุนข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างของฉัน ?

7. ความคิดของฉันเปลี่ยนไปหรือไม่ก่อนที่จะทำกิจกรรม ?

การปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนการทำกิจกรรมการทดลองและเขียนหัวข้อหลักของการทดลองที่ใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH approach) ในการเลือกคำที่จะเปลี่ยนความมุ่งหมายในกิจกรรมการทดลองออกจากแบบเก่าๆที่ว่า “วางแผนกระบวนการการทดลองที่แสดงถึงความรู้ในบางสิ่งที่ให้นักเรียนได้มีบทบาทอย่างแท้จริง” (Yore et al., 2003)

เดซทด์ เรื่องธรรมชาติ (2559) กล่าวว่า การเขียนทางวิทยาศาสตร์ คือ เทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการกลุ่มควบคู่กันไปกับการทำกิจกรรมทดลอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคนี้ให้ความสำคัญกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) ซึ่งผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้ข้อมูลและความรู้เพิ่มเติมเพื่อสร้างและสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนทั้งในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดหลักและสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ รวมทั้งสามารถตรวจสอบได้ว่าความรู้เดิมที่มีนั้น มีความคลาดเคลื่อนหรือถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ แม้ในบางกิจกรรมที่ผู้เรียนไม่ได้เป็นผู้ทำการทดลองด้วยตนเอง แต่ครูเป็นผู้สาธิตการทดลองและผู้เรียนเป็นเพียงผู้สังเกตก็สามารถได้ข้อมูลการทดลอง และใช้เทคนิคนี้ได้ด้วยเช่นกัน

2.5.1 องค์ประกอบและรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

Keys, Hand, Prain, & Collins (1999) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่จะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจแนวคิดในหัวข้อวิทยาศาสตร์ผ่านการทำกิจกรรมการทดลอง ที่ถูกแนะนำโดยรูปแบบ กระบวนการแก้ปัญหาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักๆ คือ 1) องค์ประกอบของครู และ 2) องค์ประกอบของนักเรียน (Burke, Greenbowe, & Hand, 2006; Fetterly, Poock, & Greenbowe, n.d.; Hand & Prain, 2002; Hand, Shelley, Laugerman, Fostvedt, & Therrien, 2018; Olson & Clough, 2006) นักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้จะต้องการที่จะสร้างการรายงานผลการทดลอง (Report Lab) โดยที่องค์ประกอบของรายงานผลการทดลองนี้จะประกอบด้วยข้อคำถามที่เป็นลำดับขั้นตอนที่ช่วยให้นักเรียนได้สร้างกรอบของข้อคำถามในการศึกษา การออกแบบการทดลองเพื่อที่จะตอบคำถาม การศึกษานั้น เข้าใจข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง (Burke et al., 2006; Hand, Wallace, & Yang, 2004; Keys et al., 1999; Yore et al., 2003) ในการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อนักเรียนได้ใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพแล้วพบว่าทำให้ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การให้ความทางวิทยาศาสตร์ของพวกเขาสูงขึ้น

(Burke et al., 2006; Fetterly et al., n.d.; Hand & Prain, 2002; Hand et al., 2018; Nam, Choi, & Hand, 2011; Olson & Clough, 2006; Yore et al., 2003)

2.5.1.1 องค์ประกอบของครู

องค์ประกอบนี้ประกอบไปด้วยลำดับการแนะนำขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ อย่างมีความหมายของนักเรียนในการปฏิบัติกิจกรรมให้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นการนำแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Socio-Constructivism) และกระบวนการจัดการเรียนรู้ มาช่วยในการสนับสนุนความเข้าใจในการปฏิบัติทดลอง ซึ่งครูผู้สอนจะต้องปรับรูปแบบเนื้อหาให้เข้ากับบริบทในท้องถิ่นนั้น ๆ ด้วย ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้ (Yore et al., 2003)

1) การสำรวจความเข้าใจก่อนการจัดการเรียนการสอนของผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือแผนภาพความคิดกลุ่ม

2) การเขียนแบบร่างอย่างไม่เป็นทางการ สร้างการสังเกต การระดมความคิด และการแสดงข้อคำถาม ก่อนกิจกรรมการทดลอง

3) การมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมการทดลอง

4) การแลกเปลี่ยนความคิดครั้งที่ 1 – เขียนความอธิบายความหมายทางวิทยาศาสตร์ในกิจกรรมการทดลองของตนเอง

5) การแลกเปลี่ยนความคิดครั้งที่ 2 – แบ่งปันและเปรียบเทียบข้อมูลกับผู้อื่นในกลุ่มเล็กๆ

6) การแลกเปลี่ยนความคิดครั้งที่ 3 – เปรียบเทียบความคิดทางวิทยาศาสตร์กับหนังสือ ตำราเรียน กับแหล่งความรู้อื่น

7) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่ 4 – สะท้อนความคิดของตนเองผ่านการเขียน (ยกตัวอย่างเช่น สร้างการนำเสนอในแบบของตนเอง)

8) สำรวจความเข้าใจหลังการจัดการเรียนรู้ผ่าน Concept mapping
รูปแบบของครูในการสอนแบบ SWH จะเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนการทำงาน เป็นการดำเนินการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Burke et al., 2006; Hand et al., 2004; Keys et al., 1999; Yore et al., 2003) ได้อธิบายเกี่ยวกับรูปแบบกระบวนการการสอนกิจกรรมการทดลอง มี 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. สำรวจความคิดก่อนจัดการเรียนรู้

2. กระตุ้นการเขียนก่อนการจัดกิจกรรมการทดลอง

3. ทำกิจกรรมการทดลอง

4. เขียนผลการทดลองของตนเอง

5. แลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองกับคนอื่น ในรูปแบบกลุ่มเล็ก ๆ
6. เปรียบเทียบข้อมูลของตนเองกับแหล่งอ้างอิงอื่น เช่น ตำรา หนังสือเรียน
7. ตรวจสอบความคิดตนเองว่าแนวคิดของตนเองเปลี่ยนไปหรือไม่ อย่างไร
8. เขียนรายงานผลการทดลองตามข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับ และเชื่อมโยงกับแนวคิด

2.5.1.2 องค์กรของนักเรียน

ในกระบวนการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน นักเรียนจะต้องตอบคำถามในรูปแบบ ซึ่งจะเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการทดลอง ข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานพยาน ซึ่งการเขียนเป็นการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเกิดจากการแลกเปลี่ยนอภิปรายในกลุ่ม และจากตำรา หรือ หนังสือเรียน แม้ว่านักเรียนจะได้ตอบคำถามของตนเองผ่านรูปแบบที่เตรียมไว้ให้ แต่นักเรียนก็จะได้มีการอภิปรายสะท้อนความคิดกันในกลุ่มเล็ก เปรียบเทียบกับตำราและข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ หลังจากนั้นครูจะเป็นผู้ที่ช่วยให้นักเรียนปรับปรุงข้อเขียนนั้น ให้มีความเฉพาะเจาะจงมากขึ้น โดยมี ขั้นตอนดังต่อไปนี้ (Hand et al., 2004)

- 1) แนวคิดแรกเริ่ม (Beginning ideas) – คำถามของฉันคืออะไร ?
- 2) ทดสอบ (Test) – ฉันจะทดสอบอย่างไร ?
- 3) การสังเกต (Observation) - ฉันจะสังเกตได้อย่างไร ?
- 4) ข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้าง (Claims)- ข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างของฉันคืออะไร?
- 5) พยานหลักฐาน (Evidence) - ฉันรู้ได้อย่างไร ? – ทำไมฉันจึงสรุปเช่นนั้น ?
- 6) การอ่าน (Reading) – แนวคิดของฉันถูกต้องหรือไม่ เมื่อเทียบกับคนอื่น ๆ ?
- 7) การสะท้อนความคิด (Reflection) - ความคิดของฉันเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่

หลังจากทำกิจกรรม

จะเห็นว่าคำถามต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอน จะเป็นการช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนรายงานผลการทดลองโดยเชื่อมโยงข้อสรุป กับหลักฐาน (Keys et al., 1999) โดยคำถามเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นบนรากฐานทฤษฎีความรู้ที่ให้นักเรียนสามารถที่จะตีความข้อมูลที่ได้เพื่อสนับสนุนประจักษ์พยานหลักฐาน รูปแบบของ SWH จะช่วยให้นักเรียนเขียนคำถามแรกเริ่ม ข้อสรุป และหลักฐานสำหรับข้อสรุปได้รวดเร็วยิ่งขึ้น หลักจากนั้น นักเรียนจะได้เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลองของตนเองกับคนอื่น รวมไปถึงเปรียบเทียบเกี่ยวกับตำรา หนังสือเรียน หรือสื่อภายนอกอื่น ๆ สุดท้ายแล้วในรูปแบบนี้จะมีคำถามเพื่อตรวจสอบว่าความคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ อย่างไร และเขียนรายงานผลการทดลอง (Putti, 2011)

2.5.2 รูปแบบของการบันทึกตามแนวทางของเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic: SWH) จาก เตชทัต เรื่องธรรม (2559) Burke et al., (2006) ; Hand & Prain (2002) Hand et al (2004); Keys et al (1999); Yore et al (2003) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) ประกอบไปด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนการสอน 8 ขั้น ดังนี้

2.5.2.1 การกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) ผู้เรียนในชั้นเรียนมีการอภิปรายเพื่อกำหนดคำถามหรือประเด็นปัญหาาร่วมกัน ก่อนลงมือทำการทดลอง

2.5.2.2 การทดสอบ (Test) ครูแนะนำข้อมูลที่เป็นบางอย่าง และผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

2.5.2.3 การสังเกต (Observation) ครูให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนพบและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ค้นหาข้อมูลที่ผู้เรียนต้องการศึกษา รวมทั้งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.5.2.4 ข้อสรุป (Claim) ผู้เรียนพิจารณาและอภิปรายข้อมูลร่วมกับเพื่อนๆ ก่อนสรุปเพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้ พร้อมระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง

2.5.2.5 ประจักษ์พยาน (Evidence) เน้นให้ผู้เรียนระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุป

2.5.2.6 การอ่าน (Reading) ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเปรียบเทียบข้อมูลกับเพื่อนร่วมห้อง หรือศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งอ้างอิงภายนอก แล้วนำมาอธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น

2.5.2.7 การสะท้อนความคิด (Reflection) แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไรหลังจากอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก

2.5.2.8 การเขียน (Writing) ผู้เรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่เรียน

ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ในวิชาเคมี

ครูให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อตอบคำถาม “สูตรเคมีพีริคลของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาโลหะทองแดงกับกำมะถันนั้นมีความสัมพันธ์กับมวลของโลหะทองแดงและกำมะถันหรือไม่”

วิธีการทดลอง

1. นำถ้วยกระเบื้องมาทำให้ร้อนเพื่อไล่ความชื้น ให้ได้มวลคงที่
2. ชั่งน้ำหนักหลอดทองแดง แล้วนำไปวางไว้ในถ้วยกระเบื้อง หลังจากนั้นใส่ผงกำมะถัน และให้ความร้อนจนกระทั่งหลอดทองแดงและผงกำมะถันทำปฏิกิริยากัน ทำซ้ำอีกอย่างน้อย 3 – 5 ครั้ง ชั่งมวลของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม

1. ครูทบทวนความรู้เกี่ยวกับวิธีการคำนวณหาสูตรเคมีพีริคลหรือสูตรอย่างง่าย
2. ดำเนินกิจกรรมทดลอง
 - 2.1. ก่อนการทดลอง

การอภิปรายก่อนการทดลอง เพื่อหาว่าสารที่กำหนดให้เป็นทองแดงบริสุทธิ์หรือเป็นออกไซด์ของทองแดง โดยให้ความร้อนกับสารที่กำหนดให้เพื่อเปลี่ยนเป็นสารประกอบคอปเปอร์ (II) ออกไซด์ (CuO) แต่สำหรับวิธีการทดลองโดยละเอียดครูอาจจะไม่บอกนักเรียน

การกำหนดปัญหา/คำถาม เน้นคำถามที่สามารถหาคำตอบได้จากการทดลอง เช่น

1. มวลของสารตั้งต้นและมวลของสารผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่
2. สูตรเคมีพีริคลหรือสูตรอย่างง่ายของสารผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับมวลของสารตั้งต้นหรือไม่

การทดสอบ ผู้เรียนแต่ละกลุ่มออกแบบการทดลอง เพื่อหาคำตอบ

2.2. ระหว่างการทดลอง

การสังเกต ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบ และสังเกตผล เช่น

1. ลักษณะของหลอดทองแดงก่อนได้รับความร้อน
2. เมื่อให้ความร้อนแก่หลอดทองแดงและผงกำมะถัน เกิดอะไรขึ้น
3. สารผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นอย่างไร แตกต่างจากสารตั้งต้นหรือไม่

เมื่อผู้เรียนได้ทำการทดลองเสร็จแล้ว ให้นำผลการทดลองมาพิจารณาและอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม หรืออภิปรายร่วมกันทั้งห้อง ก่อนสรุป

2.3. หลังการทดลอง

ข้อสรุปและประจักษ์พยาน ในการสรุปเพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้ โดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง คือ คำนวณหาอัตราส่วนโดยโมลของทองแดง (Cu) กับกำมะถัน (S) ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้

การอ่าน สํารวจตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราส่วนโดยโมลของทองแดง (Cu) กับ กำมะถัน (S) ของตนเอง โดยเปรียบเทียบข้อมูลกับเพื่อน สื่อหรือข้อมูลอ้างอิงภายนอก

การสะท้อนความคิด พิจารณาว่าแนวคิดของตนเองเปลี่ยนไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร

การเขียน ผู้เรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของการทดลองและประจักษ์พยานที่มีอยู่โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหาที่ตั้งไว้ตอนเริ่มต้น

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกผลการทดลอง (Template) แบบ SWH

เรื่อง การหาสูตรเอมพิริคัลของปฏิกิริยาการเผาไหม้ทองแดงกับกำมะถัน

1. การกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) :

1.1 ผู้เรียนต้องการรู้อะไร

สูตรเอมพิริคัลของสารผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กับมวลของโลหะทองแดงและกำมะถันหรือไม่

1.2 ผู้เรียนมีความเข้าใจตอนเริ่มต้นในเรื่องที่ต้องการรู้อย่างไร

ปริมาณโลหะทองแดงและกำมะถันที่มาจากทำปฏิกิริยาพอดีกันน่าจะมีความสัมพันธ์กับสูตรเอมพิริคัลของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

2. การทดสอบ (Test) : ผู้เรียนออกแบบการทดลองหรือขั้นตอนการทดลองว่าอย่างไร

2.1 นำถ้วยกระเบื้องมาให้ความร้อน ไล่ความชื้น เพื่อให้มวลที่ได้คงที่

2.2 ชั่งน้ำหนักลวดทองแดงแล้วนำไปวางในถ้วยกระเบื้อง หลังจากนั้นใส่ผงกำมะถัน และให้ความร้อนจนลวดทองแดงและกำมะถันทำปฏิกิริยากัน ทำซ้ำ 3 – 5 ครั้ง เพื่อหามวลของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้

2.3 เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างโมลของทองแดงกับกำมะถันที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเผาไหม้

3. การสังเกต (Observation) : ผู้เรียนสังเกต/ค้นพบข้อมูลอะไรในผลการทดลอง

3.1 ลวดทองแดงที่ใช้มีลักษณะเงา มันวาว บิดงอได้ สีน้ำตาลแดง และผงกำมะถันมีสีเหลือง
กลิ่นแรง

3.2 เมื่อให้ความร้อนลวดทองแดงกับผิวกำมะถัน มีไอของสารออกมาจากถ้วยกระเบื้องและกำมะถันหลอมเหลว

3.3 ผลลัพธ์ที่ได้เป็นขดลวดสีเทาดำมีลักษณะหนากว่าขดลวดทองแดง เมื่อหักพบว่าภายในเนื้อของโลหะเป็นสีดำ

ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการบันทึกผลการทดลอง

กลุ่มที่	มวล Cu	โมล Cu	มวล S	โมล S	อัตราส่วนโมล (Cu : S)
1	0.4349	0.00693	0.1271	0.00369	1.744 : 1
2	0.4707	0.00740	0.1309	0.00408	1.815 : 1
3	0.9318	0.01466	0.2687	0.00837	1.750 : 1
4	0.8982	0.01413	0.2532	0.00789	1.790 : 1
5	0.5111	0.00804	0.1604	0.00500	1.608 : 1

ตัวอย่างการคำนวณ โมล Cu = มวล/มวลอะตอม เช่น $0.9318/63.55 = 0.0146$

โมล S = มวล/มวลอะตอม เช่น $0.2687/32.07 = 0.008379$

4. ข้อสรุป (Claims) : ผู้เรียนได้ข้อสรุปอะไร (อธิบายจากผลการทดลองที่เกิดขึ้น)

จากการทดลองไม่ว่าจะเพิ่มหรือลดปริมาณของโลหะทองแดงเพียงใดก็ตามจะพบว่าอัตราส่วนโดยโมลของทองแดง (Cu) กับกำมะถัน (S) ที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา มีค่าคงที่เสมอคือ 2 ต่อ 1

5. ประจักษ์พยาน (Evidence) : เรียนรู้ได้อย่างไรว่าประจักษ์พยานที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อสรุปได้ (พิสูจน์ข้อสรุปที่ได้โดยใช้ประจักษ์พยานที่มี)

ผลการทดลอง ลวดทองแดงมวล 0.9318 กรัม (0.01466 โมล) และมวลของกำมะถัน 0.2687 กรัม (0.00837 โมล) พบว่าอัตราส่วนโมลของ Cu : S เท่ากับ 1.75 : 1 มีค่าประมาณ 2 : 1 ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบ อัตราส่วนโดยโมลเฉลี่ยของทุกกลุ่ม มีค่า 1.17 : 1 ซึ่งใกล้เคียงกัน ดังนั้น สูตรเคมีคือ Cu_2S

6. การอ่าน (Reading) : ผู้เรียนสำรวจความเข้าใจของตน เปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้องหรือแหล่งข้อมูลอื่น

6.1 แนวคิดของผู้เรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้องหลังจากการอภิปรายเป็นอย่างไร

ถึงแม้ค่าที่ได้จะไม่เท่ากันในทุกกลุ่ม แต่อยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกัน คือ อัตราส่วนโดยโมลของ Cu กับ S เท่ากับ 2 : 1

6.2 แนวคิดของผู้เรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่มาจากภายนอก จำนวนที่แหล่ง และสามารถนำมาใช้อธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้นได้อย่างไร (โดยระบุแหล่งข้อมูล ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)

จากหนังสือพบว่า สารประกอบคอปเปอร์ (II) ซัลไฟด์ มีจุดหลอมเหลวที่ 103 องศาเซลเซียส และแน่นอนว่าปฏิกิริยาของ Cu (II) กับ S นั้นมีอัตราส่วนโดยโมลเป็น 2 ต่อ 1 โดยแสดงปฏิกิริยาเคมีดังสมการ $2\text{Cu} + \text{S} \rightarrow \text{Cu}_2\text{S}$ (ที่มา: Siberg, M.S. 2003 Chemistry : The Molecular Nature of Matter and Change 3rd. ed.: McGraw-Hill)

7. การสะท้อนความคิด (Reflection) : แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไร หลังจากอภิปรายร่วมกันทั้งกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก

7.1 แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพราะอะไร โปรดระบุเหตุผล

แนวคิดไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม

7.2 แนวคิดของผู้เรียนไม่เปลี่ยนแปลง เพราะอะไร โปรดระบุเหตุผล

ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะจากการทดลองและอภิปรายร่วมกันกับเพื่อนต่างกลุ่ม รวมทั้งเอกสารอ้างอิง จากแหล่งข้อมูลภายนอกนั้น มีแนวโน้มเดียวกัน คือ อัตราส่วนโดยโมลของ Cu กับ S เท่ากับ 2 : 1

8. การเขียน (Writing) : ผู้เรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวความคิดของตน บนพื้นฐานของผลการทดลอง และประจักษ์พยานที่มีอยู่ โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อตอบคำถามหรือประเด็นปัญหา

จากประเด็นปัญหาที่ว่า “สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาการเผาโลหะทองแดงกับกำมะถันมีความสัมพันธ์กับมวลของโลหะทองแดงและกำมะถันหรือไม่” จากการเผาขวดหลอดทองแดงและกำมะถัน พบว่า มวลของทองแดงทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นตามมวลของกำมะถัน และเมื่อคำนวณอัตราส่วนโดยโมลของทองแดงกับกำมะถันในแต่ละครั้ง ค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน คือ 2 : 1 ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า อัตราส่วนโดยโมลของทองแดงกับกำมะถันที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน เกิดเป็นสารประกอบคอปเปอร์ซัลไฟด์ ได้สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายคือ Cu_2S ซึ่งสัมพันธ์กับอัตราส่วนโดยโมลของสารตั้งต้นทั้ง 2 ตัว

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปแบบของแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH และแบบบันทึกผลแบบปกติแล้วเป็นดังตาราง

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบข้อคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมแบบ SWH กับแบบปกติ

แบบบันทึกการทดลองแบบ SWH	แบบบันทึกการทดลองแบบปกติ
1.การกำหนดปัญหา/คำถาม	1.ชื่อเรื่องและจุดประสงค์
2.การทดสอบ	2.วิธีการทดลอง
3.ผลการทดลอง	3.ผลการทดลอง
4.ข้อสรุป (อ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสม)	4.ข้อสรุป
5.การอ่าน	
6.การสะท้อนความคิด	
7.การเขียน	

จากการเปรียบเทียบรูปแบบการบันทึกผลการทดลองแบบ SWH กับแบบปกติ พบว่า มีความแตกต่างกันในขั้นหลังการทดลอง คือ การอ่าน (Reading) การสะท้อนความคิด (Reflection) การเขียน (Writing) และบางส่วนในขั้นสรุป (Claim) เพราะการบันทึกผลการทดลองตามปกตินั้น ไม่ได้เน้นการอ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสมเพียงพอที่จะสนับสนุนการสรุป นอกจากนี้ในการระบุชื่อเรื่องและจุดประสงค์ ครูผู้สอนใช้การบอกผู้เรียนโดยตรง ไม่ได้มีการอภิปรายก่อนการทดลอง เพื่อให้ผู้เรียนฝึกกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามที่ต้องการหาคำตอบจากการทดลอง

สำหรับบทบาทของครูผู้สอนได้เปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปเป็นการให้ความร่วมมือและคำแนะนำเมื่อผู้เรียนมีปัญหา ครูควรใช้คำถามที่กระตุ้นผู้เรียนให้มีกระบวนการคิด เพื่อนำไปสู่แนวคิดหลักได้อย่างถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค SWH ควรตรวจสอบความรู้เดิมของผู้เรียน ถ้าผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหา และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ ควรพัฒนาความรู้และทักษะกระบวนการดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่สามารถทำกิจกรรมการทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในแบบบันทึกผลการทดลองได้

สำหรับการประเมินคุณภาพแบบบันทึกผลการทดลองตามแนวทาง SWH นั้น เน้นให้ผู้เรียนสามารถเขียนอธิบายแนวคิดหลักในเนื้อหาที่เรียนด้วยความเข้าใจของตนเอง และอธิบายเหตุผลเมื่อพบปัญหาในสถานการณ์ที่แตกต่างออกไป โดยการประเมินคุณภาพนั้นมุ่งเน้นไปที่ **ข้อสรุป (Claim)** ซึ่งเป็นคำตอบของคำถามหรือปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายได้จากผลการทดลอง และ **ประจักษ์พยาน (Evidence)** ซึ่งเป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อสรุปได้อย่างเหมาะสม รวมทั้ง **การเขียน (Writing)** ที่เชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยาน ข้อสรุป และเนื้อหาที่เรียนได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ตรงตามหลักการทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4 แสดงตัวอย่างเกณฑ์การประเมินคุณภาพแบบบันทึกผลการทดลองตามแนวทาง SWH

กลุ่มที่	ระดับคุณภาพ		
	0	1	2
ข้อสรุป (Claim)	ไม่มีข้อสรุป หรือข้อสรุปไม่ถูกต้อง	ข้อสรุปถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ข้อสรุปถูกต้องและสมบูรณ์
ประจักษ์พยาน (Evidence)	ไม่ได้อ้างถึงประจักษ์พยาน หรืออ้างถึงประจักษ์พยานที่ไม่เหมาะสม และไม่ได้สนับสนุนข้อสรุป	อ้างถึงประจักษ์พยานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป	อ้างถึงประจักษ์พยานที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป
การเขียน (Writing)	ไม่มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนหรืออ้างอิงเนื้อหาที่เรียนและไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน แต่การเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยานยังไม่เพียงพอ	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนได้อย่างเหมาะสมและการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยานเพียงพอ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (Science writing heuristic approach : SWH) คือ เทคนิคหนึ่งที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลยุทธ์การเขียนร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และกระบวนการกลุ่มควบคู่กันไปกับการทำกิจกรรมทดลอง การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคนี้ให้ความสำคัญกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) ซึ่งผู้เรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ใช้ข้อมูลและความรู้เพิ่มเติมเพื่อสร้างและสนับสนุนข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ส่วนคือ องค์ประกอบเกี่ยวกับตัวครูผู้สอน และองค์ประกอบของนักเรียน ที่จะได้รับการจัดการเรียนรู้ และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการทดลอง ขั้นระหว่างการทดลอง และขั้นหลังการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยคำถามและขั้นตอน 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) ผู้เรียนในชั้นเรียนมีการอภิปราย เพื่อกำหนดคำถามหรือประเด็นปัญหาร่วมกัน ก่อนลงมือทำการทดลอง
2. การทดสอบ (Test) ครูแนะนำข้อมูลที่จำเป็นบางอย่าง และผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน

ออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

3. การสังเกต (Observation) ครูให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้เรียนพบและใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ค้นหาข้อมูลที่ผู้เรียนต้องการศึกษา รวมทั้งวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. ข้อสรุป (Claim) ผู้เรียนพิจารณาและอภิปรายข้อมูลร่วมกับเพื่อนๆ ก่อนสรุปเพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้ พร้อมระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง
5. ประจักษ์พยาน (Evidence) เน้นให้ผู้เรียนระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลองเพื่อสนับสนุนข้อสรุป
6. การอ่าน (Reading) ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเปรียบเทียบข้อมูลกับเพื่อนร่วมห้อง หรือศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งอ้างอิงภายนอก แล้วนำมาอธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น
7. การสะท้อนความคิด (Reflection) แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไรหลังจากอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก
8. การเขียน (Writing) ผู้เรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่เรียน

2.6 การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation)

ในปัจจุบันการเขียนเป็นทักษะที่สำคัญทักษะหนึ่งที่ต้องสอน (Srougi และคณะ, 2014) เพราะว่าการเขียนนั้นมีความจำเป็นกับการสื่อสารและการแสดงออกในชีวิตประจำวันของทุก ๆ คน (Wheeler-Topin, 2012) ในชั้นเรียน การเขียนจะเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนได้จัดการกับความคิดของตนเอง และหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (Claims) พยานหลักฐาน (Evidence) และ การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นกลยุทธ์การเขียนที่มีเป้าหมายที่การเขียนโดยใช้หลักฐานเป็นฐาน ซึ่งผู้เรียนควรจะมี ความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง พิสูจน์เหตุผล และสนับสนุนแนวความคิดของตนเองด้วยพยานหลักฐาน (Srougi และคณะ, 2014) การให้เหตุผลจะใช้ในการตอบคำถามแบบปลายเปิด (Open-ended question) คำตอบที่ถูกต้องจะมีหลากหลายเหตุผลในแต่ละวิธีการคิด (Kuhn, 1991) ข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (Claims) จะเป็นสิ่งที่ยืนยันหรือสรุปที่ต้นเหตุของปัญหาหรือเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา พยานหลักฐาน (Evidence) จะช่วยสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ๆ โดยการใช้อยู่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การให้เหตุผลจะเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปหรือข้อกล่าวอ้างนั้นเข้ากับพยานหลักฐาน และช่วยแสดงว่าทำไมพยานหลักฐานนี้จึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนี้ (McNeill & Krajcik, 2008)

นอกจากนี้การส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ยังส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ (Promo และคณะ, 2008) เป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารได้อย่างน่าเชื่อถือ สามารถใช้หลักฐานจากการพิสูจน์เชิงประจักษ์และให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ และยังเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานเชิงประจักษ์ (McNeill & Krajcik, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Peker and Wallace (2011) พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์โดยใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนคำอธิบาย พร้อมแสดงเหตุผลเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของคำอธิบายและหลักฐานได้

จากแนวคิดและความสำคัญที่กล่าวมาทั้งหมดแล้วนั้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า การเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นกับทุกคน การเขียนจะเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนได้จัดการกับความคิดของตนเอง และหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารได้อย่างน่าเชื่อถือ สามารถใช้หลักฐานจากการพิสูจน์เชิงประจักษ์และให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ และยังเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานเชิงประจักษ์

2.6.1 องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

จากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัย พบว่า มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้อธิบายเกี่ยวกับ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

วีโรจน์ ลีวงศ์สถาพร (2552) กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานที่สำคัญของการสืบเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

2.6.1.1 ข้อสรุป (Claims) เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยคำถามส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “เกิดอะไรขึ้น” หรือ “เกิดขึ้นได้อย่างไร” หรือ เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น

2.6.1.2 ประจักษ์พยาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป

2.6.1.3 การให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แสดงว่า เพราะเหตุใดประจักษ์พยานจึงสนับสนุนข้อสรุป

Dawson & Venville (2010) กล่าวว่า ข้อกล่าวอ้าง (Claims) หลักฐานประจักษ์พยาน (Evidence) และ การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Lin & Mintzes (2010) ได้อธิบายว่า เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานของความเป็นเหตุเป็นผล คนส่วนใหญ่อาจจะคิดว่าเมื่อเกิดความขัดแย้งกัน ในการโต้แย้งทาง

วิทยาศาสตร์ จะเป็นบทสนทนาที่เต็มไปด้วยการโต้เถียงซึ่งกันและกันเต็มไปด้วยอารมณ์ของความจริง โกรธเกรี้ยว แต่การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claims) 2) เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (Warrant) 3) หลักฐานสนับสนุนเหตุผล (Evidence) 4) ข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป (Argument) และ 5) เหตุผลสนับสนุนการโต้แย้งกลับ (Support argument)

จากเอกสารและงานวิจัยที่ได้ศึกษา ผู้วิจัยจึงสรุปว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นกับทุกคน การเขียนจะเป็นสิ่งที่ทำให้นักเรียนได้จัดการกับความคิดของตนเอง และหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เป็นผู้ที่มิทักษะในการสื่อสารได้อย่างน่าเชื่อถือ สามารถใช้หลักฐานจากการพิสูจน์เชิงประจักษ์และให้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุปได้ และยังเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามหลักฐานเชิงประจักษ์ ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

1. ข้อสรุป (Claims) เป็นคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยคำถามส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ว่า “เกิดอะไรขึ้น” หรือ “เกิดขึ้นได้อย่างไร” หรือ เพราะเหตุใดจึงเกิดขึ้น
2. ประจักษ์พยาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เพื่อใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แสดงว่า เพราะเหตุใดประจักษ์พยานจึงสนับสนุนข้อสรุป

2.7 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ ดังนี้

Kemmis, McTaggart, และ Nixon, (2014) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นรูปแบบของการศึกษาค้นคว้าแบบส่งสะท้อนตนเองของกลุ่มปฏิบัติงาน จากการปฏิบัติงานของกลุ่ม เพื่อพัฒนาวิธีการปฏิบัติให้ถูกต้อง รวมทั้งเป็นการสร้างความเข้าใจในการปฏิบัติงานและสภาพการณ์ที่เป็นอยู่

Bogdan & Biklen, (1997) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาสังคมให้ดีกว่าเดิม

Fouch (1980 : 8) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียน ผู้วิจัยคือครูในชั้นเรียน นักวิจัยไม่สนใจที่จะนามผลไปอ้างอิงและไม่เข้มงวดในเรื่องการควบคุมตัวแปร

Dick (1995) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยวิธีวิทยาการการวิจัยที่ทำให้เกิดผลของการปฏิบัติ และผลของการวิจัย ในเวลาเดียวกัน โดยมีขั้นตอนการวิจัยที่เป็นวงจรต่อเนื่อง ประกอบด้วยผู้มีส่วนร่วมในกระบวนการ ใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นข้อความที่

เป็นภาษามากกว่าตัวเลข นอกจากนี้ยังมีการสะท้อนผลซึ่งครอบคลุมทั้งส่วนที่เป็นกระบวนการและผลลัพธ์ การวิจัยปฏิบัติการจึงเป็นกระบวนการที่มีความยืดหยุ่น ตอบสนองต่อความต้องการจำเป็นที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ต่าง ๆ ทั้งนี้ Dick มีความเห็นว่าการวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่มีการสร้างสมมติฐานการวิจัยจากข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างการทบทวน และสามารถใช้กระบวนการดังกล่าวเป็นเครื่องมือสำหรับการวิจัยนาร่อง การนำไปใช้เป็นเครื่องมือวินิจฉัยจุดบกพร่องต่าง ๆ หรือใช้เพื่อการประเมินผล อย่างไรก็ตาม Dick เห็นว่าการมีส่วนร่วมไม่จำเป็นต้องมีตลอดการวิจัย อาจให้ผู้อื่นมีส่วนร่วมเพียงแค่ผู้ให้ข้อมูล

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2540) ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพของงานที่ตนกำลังปฏิบัติอยู่ และขณะเดียวกันสร้างความเข้าใจถึงสภาพและกระบวนการเปลี่ยนที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระบวนการของวงจรบันไดเวียน ข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างดำเนินงานเป็นฐานของการปรับแก้ไขในขั้นถัดไป

ประวิต เอรารวรรณ (2545 : 5) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการเป็นการวิจัยที่ผู้ปฏิบัติงานมุ่งหาความเข้าใจในงานหรือกิจกรรมในหน้าที่เพื่อค้นหาวิธีการแก้ไขปรับปรุง และพัฒนางานหรือกิจกรรมนั้น

อรัญญา สุธาสิโนบล (2545 : 20 - 38) สรุปว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การวิจัยอย่างมีระบบ โดยนำหลักการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะเรื่อง เฉพาะจุดซึ่งจะทำให้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างทันที อันจะส่งผลให้การปฏิบัติงานนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่กล่าวมาทั้งหมด ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการหมายถึง การหาวิธีการแก้ไขปรับปรุง พัฒนาประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมอื่น ๆ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และประสบการณ์มาใช้ให้เกิดการพัฒนาในทางที่ดียิ่งขึ้น

ลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการทางการศึกษาในปัจจุบันได้แพร่หลายอย่างรวดเร็วและมีการพัฒนารูปแบบอย่างมากมาย มีนักการศึกษากล่าวถึงรูปแบบและลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ดังนี้

เอกญารัตน์ ทองเจียว (2549 : 15) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 4 ลักษณะ คือ

1. เป็นการวิจัยแบบมีส่วนร่วมและมีการร่วมมือ (participation and collaboration) ใช้การทำงานเป็นกลุ่ม ผู้ร่วมวิจัยทุกคนมีส่วนร่วมสำคัญและมีบทบาทเท่าเทียมกันในทุกกระบวนการของการวิจัยทั้งการเสนอความคิดเชิงทฤษฎี และการปฏิบัติ ตลอดจนการวางนโยบายการวิจัย

2. เน้นการปฏิบัติ (action orientation) การวิจัยชนิดนี้ใช้การปฏิบัติเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และศึกษาผลของการปฏิบัติเพื่อมุ่งให้เกิดการพัฒนา

3. ใช้การวิเคราะห์วิจารณ์ (critical function) การวิเคราะห์การปฏิบัติอย่างลึกซึ้งจากสิ่งที่สังเกตได้ จะนำไปสู่การตัดสินใจที่สมเหตุสมผล เพื่อปรับแผนการปฏิบัติการ

4. ใช้วงจรการปฏิบัติการ (the action research spiral) ตามแนวคิดของ Kemmis & Mc Taggart คือ การวางแผน (planning) การปฏิบัติ (acting) การสังเกต (observing) และการสะท้อนผลการปฏิบัติ (reflecting) ตลอดจนการปรับปรุงแผน (re-planning) เพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าจะได้รูปแบบของการปฏิบัติงานที่เป็นที่พอใจ เพื่อเป็นข้อสรุป หรือเป็นข้อเสนอเชิงทฤษฎีและเผยแพร่ต่อไป

บุญชม ศรีสะอาด, (2555) กล่าวถึงลักษณะสำคัญการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

1. มุ่งแก้ปัญหาในการปฏิบัติงานในหน้าที่ในชีวิตประจำวันของครูผู้วิจัย ซึ่งจะพบว่า ในการปฏิบัติงานมักพบปัญหาอุปสรรคต่าง ๆ ครูจะคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาแล้วนำมาลองปฏิบัติ ศึกษาผลที่เกิดขึ้นว่าสามารถแก้ปัญหานั้นได้หรือไม่ แก้ได้มากน้อยเพียงใด ถึงระดับที่ต้องการหรือไม่ มีเงื่อนไขอะไรบ้างที่เกี่ยวข้อง กรณีที่ยังไม่บรรลุตามที่มุ่งหวังไว้จะหาอย่างไร ลองปรับปรุงในส่วนที่ไม่ค่อยได้ผล เพิ่มวิธีการ เทคนิคต่าง ๆ แล้วลองนำไปปฏิบัติใหม่ ตรวจสอบดูผล ฯลฯ ลักษณะเช่นนี้คือ ตัวอย่างของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2. มีการลงมือปฏิบัติหรือกระทำ ปรับปรุงให้ดีขึ้น ซึ่งอาจสามารถแก้ปัญหานั้นได้ตามที่วางแผนไว้ ซึ่งอาจต้องยุติการศึกษาเรื่องนี้หรืออาจต้องทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนพบแนวทางที่ดีตามที่มุ่งหวังไว้ก็ได้

3. ผู้วิจัยอาจทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาของตนเองคนเดียว หรือแก้ปัญหาร่วมกัน (participatory) หลายคนก็ได้ เช่น ร่วมกับครูคนอื่น ๆ นักเรียน ผู้ปกครอง เป็นต้น

4. เน้นการวิจัยเฉพาะที่ไม่ได้มุ่งการนำผลการวิจัยมาใช้ในการสรุปอ้างอิง หรือสรุปครอบคลุม กล่าวคือ ผู้วิจัยลงมือดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา หรือพัฒนาการปฏิบัติงานของตน

5. ในการดำเนินการวิจัย ครูผู้วิจัยอาจมีการเปลี่ยนแปลงในจุดมุ่งหมายและวิธีการวิจัย เพื่อให้เกิดความเหมาะสมบรรลุเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้นก็ได้

กิตติพร ปัญญาภิบาล (2540) กล่าวถึงความสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการดังนี้

1. เป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ได้มาจากการค้นคว้า จะมีประสิทธิภาพและความเชื่อถือได้มากกว่าวิธีแก้ปัญหาที่ได้จากการสั่งการ

2. เป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาของผู้ปฏิบัติงานเองจะมีโอกาสแก้ปัญหานั้นได้สำเร็จมากกว่าการวิจัยเพื่อการแก้ปัญหาที่หาโดยบุคคลอื่น

3. การวิจัยเป็นเรื่องของการวิเคราะห์ปัญหา การค้นหาแนวทางแก้ปัญหา การทดสอบ และประเมินผล วิธีแก้ปัญหา การวิจัยเป็นทักษะที่สามารถเรียนรู้และพัฒนาได้โดยผู้ปฏิบัติงานของทุกคนไม่ได้เป็นสิทธิพิเศษของผู้เชี่ยวชาญคนใดคนหนึ่งหรือกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

4. การพัฒนาความสามารถของบุคคลโดยการฝึกหัด ถือว่าเป็นรากฐานของการพัฒนาการปฏิบัติ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการนั้นเป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้าร่วมมือกันอย่างเป็นระบบของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน เพื่อความเข้าใจต่อปัญหาหรือข้อสังเกตที่กำลังเผชิญอยู่ และให้ได้แนวทางการปฏิบัติหรือวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นในการปฏิบัติงาน

ขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้นำรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ (Kemmis & McTaggart และคณะ., (2014a) มาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

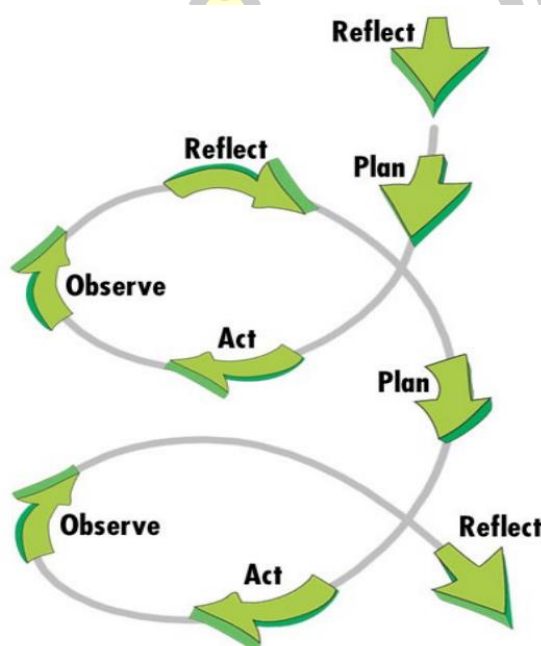
ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน (plan) คือ แนวทางปฏิบัติซึ่งตั้งความคาดหวังไว้เป็นการมองไปในอนาคตข้างหน้า การกำหนดแผนทั่วไปต้องมีความยืดหยุ่น เพื่อที่จะสามารถปรับให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงและความขัดแย้งที่อาจเกิดขึ้นได้ กิจกรรมที่เลือกเข้ามากำหนดในการวางแผนต้องได้รับความร่วมมือในการอภิปราย เพื่อให้เกิดการวิเคราะห์และปรับปรุงการกำหนดแผนงานที่จะสามารถปฏิบัติได้จริงในสภาพการณ์ที่เป็นอยู่

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (act) การปฏิบัติจะดำเนินการตามแผนที่ได้วางแผนไว้อย่างมีเหตุผล และมีการควบคุมอย่างสมบูรณ์ แต่การปฏิบัติจากแนวทางที่วางไว้มีโอกาสพลิกผันแปรตามสถานการณ์และบุคคล แผนที่วางไว้สำหรับการปฏิบัติจะต้องสามารถปรับแก้ไขได้ และสามารถปรับปรุงไปได้เรื่อย ๆ ตามผลการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำนั้น ๆ

ขั้นที่ 3 การสังเกต (observe) ทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน มีรายงานหลักฐานที่มาจากวิจารณ์ญาณการสังเกตอย่างรอบคอบ และระมัดระวังเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากการปฏิบัตินั้นจะมีข้อจำกัด ข้อขัดแย้งของสภาพความเป็นจริง และข้อขัดแย้งทั้งหมดเหล่านี้ไม่ค่อยชัดเจน และไม่มีทางคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะต้องมาจากการมองหลายแง่มุมในทุก ๆ ด้าน ผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการต้องรายงานผลการสังเกตกระบวนการของการปฏิบัติและผลของการปฏิบัติ สังเกตสถานการณ์ของข้อขัดข้องของการปฏิบัติ เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแผนการดำเนินงาน

ขั้นที่ 4 การสะท้อน (reflect) การสะท้อนทำให้หวนคิดถึงการกระทำตามที่ได้บันทึกไว้จากการสังเกตและการเก็บข้อมูลอื่น ๆ ประกอบ การสะท้อนภาพจะมีลักษณะเป็นการประเมินอย่างหนึ่ง ซึ่งผู้วิจัยเชิงปฏิบัติการจะต้องตัดสินใจจากประสบการณ์ของตนว่า ผลของการปฏิบัตินั้นเป็นสิ่งที่

ต้องตามประสงค์หรือไม่ และสามารถให้ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติต่อไป นอกจากนี้การสะท้อน ยังหมายถึงการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นก่อนที่จะดำเนินการจริงอีกด้วย การสะท้อนข้อมูลนี้จะช่วยในการวางแผนการดำเนินการในขั้นต่อไปที่จะเป็นไปได้สำหรับกลุ่ม และสำหรับแต่ละบุคคลด้วย ซึ่งการเคลื่อนไหวลักษณะ “เกลียวสว่าน” ไปทั้ง 4 ขั้นตอนไม่อยู่นิ่ง เมื่อครบวงจรหนึ่ง ๆ จะพิจารณาปรับปรุงเพื่อนำไปปฏิบัติในวงจรต่อไปจนกว่าการเปลี่ยนแปลงจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจทั้งนี้วิธีการปฏิบัติจะต้องมีการร่วมมือซึ่งกันและกัน



ภาพที่ 1 รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบบันไดเวียน ตามแนวทางของ Kemmis & McTaggart ที่มา: Kemmis & McTaggart (1998 อ้างถึงใน Kemmis et al., 2014a)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทรกุล (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่อง “การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4” พบว่า ข้อมูลเชิงคุณภาพของงานวิจัยนี้ถูกวิเคราะห์ด้วยการตีความและการระบอบองค์ประกอบที่จำเป็นที่สุดของการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 1) ข้อสรุป 2) หลักฐาน และ 3) การชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปและหลักฐาน และผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง และ/หรือ ให้เหตุผลที่มีองค์ประกอบไม่ครบถ้วน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้นำหลักฐานมาใช้ในการลงข้อสรุปและการให้เหตุผล ในขณะที่นักเรียนบางคนลงข้อสรุปและหลักฐานแล้วแต่ยังไม่สามารถชี้แจงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและ

ข้อสรุปได้ ผลการวิจัยเหล่านี้จึงบ่งชี้ว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ศรัณย์ อัมระนันท์, กิตติมา พันธุ์พุกษา, ภัทรภร ชัยประเสริฐ, (2558) ที่ศึกษาเรื่อง “ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโควาเลนต์ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ 2) การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ และมีข้อเสนอแนะที่น่าสนใจ คือ 1) ควรมีการศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง ที่มีตัวแปรอื่น ๆ เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากเป็นสิ่งที่จำเป็นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และสามารถนำสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวไปใช้ในวิชาอื่น และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

กิตติชัย สุธาสิโนบล (2558) ที่ศึกษาเรื่อง ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า 1. คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ทั้งในภาพรวม และในรายสมรรถภาพย่อย 2. คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ของนักเรียน ที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่า กลุ่มควบคุมทั้งในภาพรวม และในรายสมรรถภาพย่อย 3. คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง ทั้งในภาพรวม และในรายสมรรถภาพย่อย 4. คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ ของนักเรียนที่ได้รับ การสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถามซึ่งผู้วิจัยออกแบบขึ้น หลังการทดลองสูงกว่ากลุ่ม ควบคุม ทั้งในภาพรวมและในรายสมรรถภาพย่อย

2.8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

งานวิจัยของ Keles (2016) ที่ศึกษาเรื่อง “ผลของเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้แบบต่อเนื่องหลายวิธี” จากการศึกษาพบว่า 1) การสอนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) ส่งผลทางบวกกับ

ความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนต่อเนื่องหลายรูปแบบ 2) อายุที่แตกต่างกันส่งผลต่อการจัดกลุ่มที่แตกต่างกัน 3) กลุ่มต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้มีศักยภาพอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อสำรวจการเรียนรู้แบบหลายวิธีของนักเรียน และ งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นประโยชน์ในทางปฏิบัติว่ากลยุทธ์นี้ส่งเสริมการโต้เถียงทางวิทยาศาสตร์ และภาษาอย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลมาจากการมีการสื่อสารและความเข้าใจที่ดีขึ้น และถ่ายโอนสิ่งเหล่านี้ผ่านการเขียนสรุป

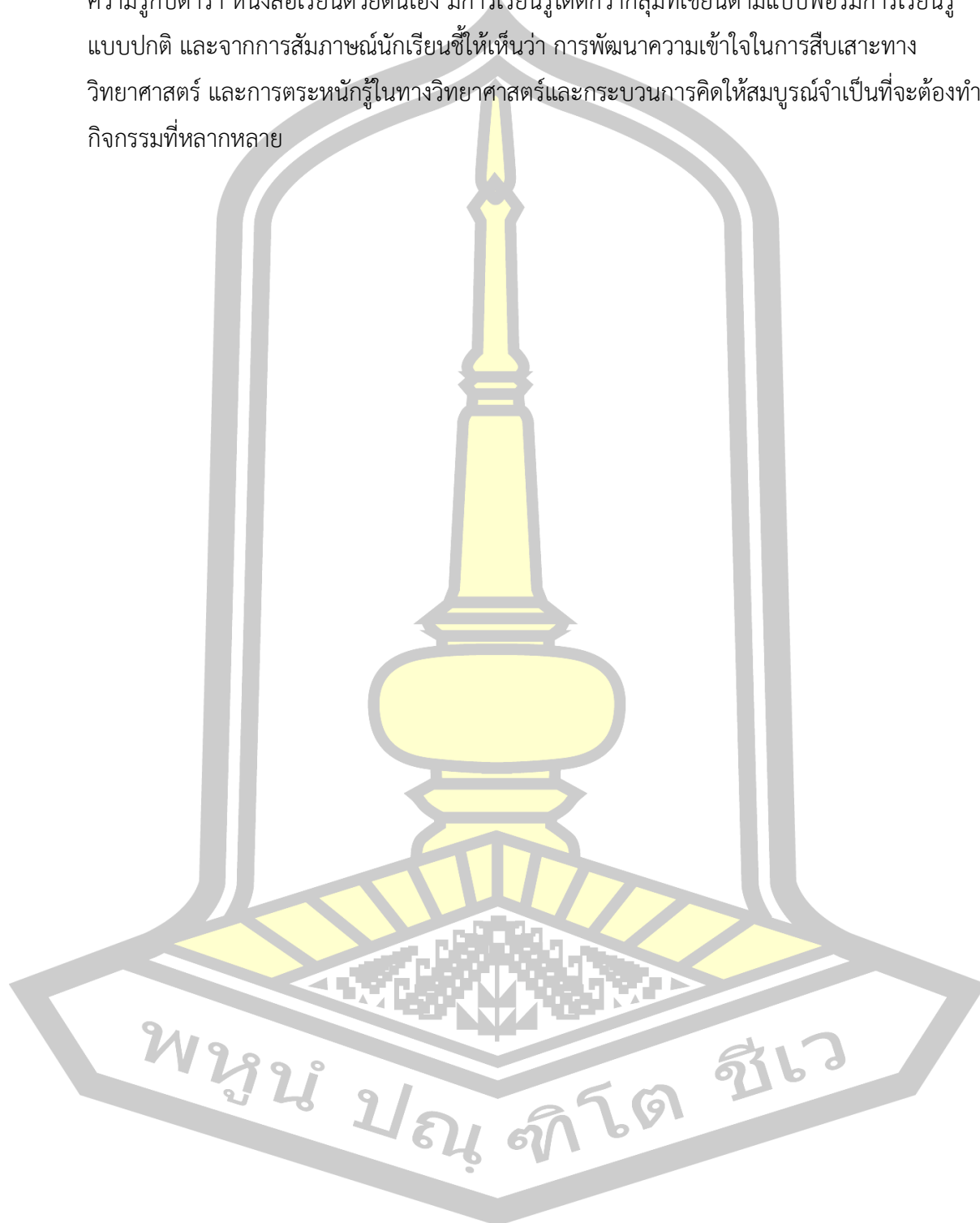
งานวิจัยของ Avci (2014) ที่ศึกษาเรื่อง “ผลสัมฤทธิ์ของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูประจำการในรายวิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์” พบว่าผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มที่ควบคุมแตกต่างกับกลุ่มที่ไม่ได้ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และนักเรียนที่เรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ที่มีตรวจสอบข้อมูลในการเขียน SWH มีคะแนนการประเมินที่สูงขึ้น

งานวิจัยของ Drobitsky (2015) ที่ทำการศึกษารื่อง “การใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในการเพิ่มความเข้าใจแนวคิดรวบยอดในเรื่อง คุณสมบัติและการเปลี่ยนคุณสมบัติของสาร ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2” พบว่า จากการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติการทดลองแบบปกติ กับกลุ่มที่เรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จากการเปรียบเทียบการประเมินก่อน-หลัง พบว่าทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

งานวิจัยของ Mohammad (2007) ที่ศึกษาเรื่อง “การใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการประเมินและการส่งเสริมความเข้าใจในแนวคิดและการรับรู้ในการเรียนปฏิบัติการเคมีทั่วไป” ซึ่งศึกษาถึงผลกระทบของการจัดการเรียนการสอนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (เป็นการการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิธีหนึ่ง) ในการเรียนวิชาปฏิบัติการเคมีของนักเรียนที่ไม่ใช่ นักเรียนที่เรียนในสายวิทยาศาสตร์ ผลของการศึกษาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพชี้ให้เห็นว่าการสอนโดยใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์สามารถเพิ่มความเข้าใจและการรับรู้ในวิชาปฏิบัติการทางเคมีได้อย่างยิ่งยวดทั้งเพศชายและเพศหญิง ในขณะที่เพศหญิงมีการรับรู้และความมั่นใจในตนเองต่อวิทยาศาสตร์น้อยกว่าเพศชาย เรียกว่า ช่องว่างระหว่างเพศในวิชาวิทยาศาสตร์ แต่การเรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์นี้จะช่วยลดช่องว่างระหว่างเพศในวิชาวิทยาศาสตร์ลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาของ Hand, Wallace, & Yang, (2004) ที่ศึกษาเรื่อง “การใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเรียนรู้จากกิจกรรมในห้องปฏิบัติการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 : ในด้านเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ” ในงานวิจัยชิ้นนี้ศึกษานักเรียนห้องเรียนชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเปรียบเทียบกิจกรรมการทดลองแบบดั้งเดิมและการทดลองแบบ SWH ผลการวิจัยชี้ว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จะมี

การเรียนรู้ที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่มีการเขียนตรวจสอบความรู้อีกตำรา หนังสือเรียนด้วยตนเอง มีการเรียนรู้ได้ดีกว่ากลุ่มที่เขียนตามแบบฟอร์มการเรียนรู้แบบปกติ และจากการสัมภาษณ์นักเรียนชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาความเข้าใจในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และการตระหนักรู้ในทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการคิดให้สมบูรณ์จำเป็นที่จะต้องทำกิจกรรมที่หลากหลาย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ตามแนวทางของ Kemmis, McTaggart, & Nixon (2014a) โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 3.1 กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างและหาคคุณภาพเครื่องมือ
- 3.4 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย
- 3.6 วิธีการเก็บข้อมูล

3.1 กลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา อำเภอไพรบึง จังหวัดศรีสะเกษ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 16 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 5 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จำนวน 10 แผน รวม 15 ชั่วโมง ได้แก่

3.2.1.1 การศึกษาลักษณะที่แสดงออก	ระยะเวลา	1	ชั่วโมง
3.2.1.2 ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	ระยะเวลา	2	ชั่วโมง
3.2.1.3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	ระยะเวลา	1	ชั่วโมง
3.2.1.4 สารพันธุกรรม	ระยะเวลา	2	ชั่วโมง
3.2.1.5 ดีเอ็นเอและยีน	ระยะเวลา	1	ชั่วโมง
3.2.1.6 โครโมโซม	ระยะเวลา	2	ชั่วโมง

3.2.1.7 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	ระยะเวลา	1	ชั่วโมง
3.2.1.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	ระยะเวลา	2	ชั่วโมง
3.2.1.9 ความผิดปกติทางพันธุกรรม	ระยะเวลา	1	ชั่วโมง
3.2.1.10 เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม	ระยะเวลา	2	ชั่วโมง
รวม	ระยะเวลา	15	ชั่วโมง

3.2.2 แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3.2.3 แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการหำข้อการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยจะทำการนำเสนอโดยแบ่งออกเป็น 4 ตอน ตามชนิดของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

การสร้างและหาคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) หน่วยที่ 5 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผู้ดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คำอธิบายรายวิชาสาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

1. ว 1.2 ม.3/1 สังเกตและอธิบายลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรม หรือยีนในนิวเคลียส

2. ว 1.2 ม.3/2 อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ และกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

3. ว 1.2 ม.3/3 อภิปรายโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีนและโครโมโซม และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. ว 1.2 ม.3/4 สํารวจและอธิบายความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นที่ทําส่งมีชีวิต
ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างสมดุล

5. ว 1.2 ม.3/5 อธิบายผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และ
สิ่งแวดล้อม

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ สาระสําคัญและจุดประสงค์การ
เรียนรู้ที่ใชสอนของหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3. ศึกษาศึกษาวิธีการการสร้างแผนการจัดการการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการ
เขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกําหนดขั้นตอนการจัดการ
เรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งประกอบด้วย การเขียน
แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5Es) ตามแนวทางของ Schunn (2009) และการจัดการเรียนรู้
ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) ตามแนวคิดของ Keys et al (1999) มาจัดรูปแบบใหม่
ให้เป็นรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมี
องค์ประกอบดังตารางที่ 5

4. วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนหนองอารีพิทยา โดยกําหนด
เนื้อหา 10 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 ชั่วโมง ดังในตารางที่ 6

5. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์โดยมี
องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

5.1 มาตรฐานการเรียนรู้

5.2 ตัวชี้วัด

5.3 สาระสําคัญ

5.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

5.5 สาระการเรียนรู้

5.6 กิจกรรมการเรียนรู้

5.7 สื่อและวัสดุอุปกรณ์

5.8 การวัดและการประเมินผล

5.9 บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E's) ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
<p>1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือจากการอภิปราย ชักถาม เรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้นี้เพิ่มเติมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวอย่างให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยครูจะถามคำถามและให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบ</p>	<p>1.การกำหนดปัญหา/คำถาม (Beginning idea) ผู้เรียนในชั้นเรียนมีการอภิปราย เพื่อกำหนดคำถามหรือประเด็นปัญหาพร้อมกัน ก่อนลงมือทำการทดลอง</p>	<p>ก่อนการทดลอง</p> <p>1.ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement Phase) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือจากการอภิปราย ชักถาม เรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้นี้เพิ่มเติมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้วเป็นตัวอย่างให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา โดยครูจะถามคำถามและให้นักเรียนร่วมกันหาคำตอบ</p>
<p>2.ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนต่อไป โดยครูจะนำการทดลองที่เกี่ยวข้องหรือให้แหล่งเรียนรู้ให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือค้นคว้าแหล่งเรียนรู้เพื่อหาคำตอบ</p>	<p>2.การทดสอบ (Test) ครูแนะนำข้อมูลที่เป็นบางอย่าง และผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง</p>	<p>2.ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration Phase) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน ดังนี้</p>

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E's) ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
<p>3. ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้อภิปรายวิเคราะห์ อภิปรายสรุปผล และนำเสนอผล โดยให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองมา พิจารณาแล้วอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม หรือ อภิปรายกันทั้งห้อง</p> <p>4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้นโดยครูจะเชื่อมโยงเรื่องที่เรียนโดยให้นักเรียนนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันหรือเรื่องที่เกี่ยวกับข้อสงสัยและมีผลกับเรื่องที่เรียนโดยให้นักเรียนนำไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันหรือทราบเรื่องอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีผลกับเรื่องที่เรียน</p>	<p>3. การสังเกต (Observation) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบ และสังเกต</p> <p>4. ข้อสรุป (Claim) ผู้เรียนพิจารณาและอภิปรายข้อมูลร่วมกับเพื่อน ๆ ก่อนสรุปเพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้ พร้อมระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง</p>	<p>การกำหนดปัญหา/คำถาม เน้นคำถามที่สามารถหาได้จากการทดลอง</p> <p>การทดลอง ให้ผู้ทดลองแต่ละกลุ่มวางแผนผ่านคำถามอภิปรายก่อนการทดลอง และออกแบบการทดลอง</p> <p>ระหว่างการทำทดลอง</p> <p>การสังเกต ผู้เรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบ และสังเกตผล</p> <p>หลังการทำทดลอง</p> <p>3. ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation Phase) นักเรียนนำเสนอข้อมูลที่ได้อภิปรายวิเคราะห์ อภิปรายสรุปผล และนำเสนอผล โดยให้นักเรียนนำเสนอผลการทดลองมาพิจารณาแล้วอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม หรืออภิปรายกันทั้งห้อง มีขั้นตอนย่อย 2 ขั้นตอน คือ</p> <p>ข้อสรุปและประจักษ์พยาน ในการสรุปเพื่อตอบคำถามที่ตั้งไว้ โดยใช้ประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง</p>

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E's) ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
<p>5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด โดยครูจะให้นักเรียนทำกิจกรรมไม่ว่าเป็นการทำแผนผังความคิดหรือการตอบคำถาม</p>	<p>5. ประจักษ์พยาน (Evidence) เน้นให้ผู้เรียนระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง เพื่อสนับสนุนข้อสรุป</p> <p>6. การอ่าน (Reading) ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้อง หรือศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งอ้างอิงภายนอก แล้วนำมาอธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น</p>	<p>4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม การอ่าน (Reading) สำคัญตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเทียบกับกลุ่มอื่นและแหล่งข้อมูลอ้างอิงอื่น ๆ นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ และทำให้เกิดความรู้อย่างกว้างขวางขึ้น การสะท้อนความคิด (Reflection) พิจารณาว่าแนวคิดของตนเองเปลี่ยนแปลงจากเดิมหรือไม่ อย่างไร เมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง และหลังจากได้ข้อมูลจากการทดลองแล้ว</p> <p>5. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมากน้อยเพียงใด โดย การเขียน (Writing) ผู้เรียนจะได้เขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดหลักบนพื้นฐานของการทดลองและประจักษ์พยานที่มีอยู่โดยเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนเพื่อตอบคำถามหรือประเด็นที่ตั้งไว้ในตอนแรก</p>

ตารางที่ 5 แสดงการกำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E's) ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
	<p>7.การสะท้อนความคิด (Reflection)</p> <p>แนวคิดของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไรก็ตามหลังจากอภิปรายร่วมกันทั้งภายในกลุ่มหรือระหว่างกลุ่ม รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงภายนอก</p>	
	<p>8.การเขียน (Writing) ผู้เรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ แสดงแนวคิดของตน บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่มีอยู่กับเนื้อหาที่เรียน</p>	

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร
สถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ที่	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอด	1.สำรวจลักษณะ ทางพันธุกรรม	1.นักเรียนสามารถบอก ความหมายของลักษณะทาง พันธุกรรมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถสำรวจการ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของตนเองและผู้อื่นได้ (P)	1
2.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	1.นักเรียนสามารถบอก ความหมายของลักษณะทาง พันธุกรรมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถจำแนก ประเภทของลักษณะทาง พันธุกรรมที่แสดงออกได้ (K) 3.นักเรียนสามารถสำรวจการ ถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของตนเองและผู้อื่นได้ (P)	2

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร
สถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ที่	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
3.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.สำรวจลักษณะ ทางพันธุกรรมที่ แสดงออก	1.นักเรียนสามารถอธิบายความ แตกต่างระหว่างการสืบพันธุ์แบบ อาศัยเพศกับการสืบพันธุ์แบบไม่ อาศัยเพศ ซึ่งมีผลต่อการ แสดงออกของลักษณะทาง พันธุกรรมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล จากแหล่งที่น่าเชื่อถือ เพื่อตอบ คำถามที่ต้องการได้ (P)	1
4.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.สารพันธุกรรม ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม	1.นักเรียนสามารถอธิบาย ส่วนประกอบของสารพันธุกรรม ได้ (K) 2.นักเรียนสามารถทำการทดลอง สกัดสารพันธุกรรมได้ (P)	2

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร
สถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ที่	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
5.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.ดีเอ็นเอ	1.นักเรียนสามารถอธิบาย เกี่ยวกับลักษณะและโครงสร้าง ของดีเอ็นเอได้ (K) 2.นักเรียนสามารถสร้าง แบบจำลองดีเอ็นเอได้ (P)	1
6.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.โครโมโซม ยีน และดีเอ็นเอ 2.โครงสร้างของ โครโมโซม	1.นักเรียนสามารถอธิบาย เกี่ยวกับลักษณะและโครงสร้าง ของโครโมโซมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถเปรียบเทียบ จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตแต่ ละชนิดได้ (P)	2

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร
สถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ที่	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
7.	ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.การศึกษาพันธุ ศาสตร์ของเมน เดล 2.การถ่ายทอด ลักษณะทาง พันธุกรรม	1.นักเรียนสามารถอธิบาย หลักการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรมได้ (P)	1
8.	ว 1.2 ม. 3/1 สังเกต และอธิบายลักษณะ ของโครโมโซมที่มี หน่วยพันธุกรรมหรือ ยีนในนิวเคลียส ว 1.2 ม. 3/2 อธิบาย ความสำคัญของสาร พันธุกรรมหรือดีเอ็น เอและกระบวนการ ถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	1.โอกาสการเข้า คู่กันของยีน	1.นักเรียนสามารถอธิบาย กระบวนการเข้าคู่กันของยีนได้ (K) 2.นักเรียนสามารถทำการทดลอง เรื่องการเข้าคู่กันของยีนได้ (P)	2

ตารางที่ 6 แสดงการวิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตร
สถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ที่	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
9.	ว 1.2 ม. 3/3 อภิปรายโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีนละโครโมโซมและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	1.ความผิดปกติทางพันธุกรรม เชิงปริมาณ 2.ความผิดปกติทางพันธุกรรม เชิงคุณภาพ	1.นักเรียนสามารถอธิบายความผิดปกติเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของโครโมโซมได้ (K) 2.นักเรียนสามารถจัดรูปแบบความผิดปกติทางพันธุกรรมของโรคที่กำหนดให้ด้วยแบบจำลอง Karyotype ของโครโมโซมได้ (P)	1
10.	ว 1.2 ม. 3/6 อภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม	1.การใช้ประโยชน์จากความรู้ด้านพันธุศาสตร์ 2.การตัดต่อทางพันธุกรรม (GMO's) 3.การโคลน (Cloning)	1.นักเรียนสามารถอธิบายการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีทางพันธุวิศวกรรมจากแหล่งเรียนรู้ที่กำหนดให้ได้ (K) 2.นักเรียนสามารถสืบค้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ของเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมได้ (P)	2
รวม				15

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผน ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริง และนำไปแก้ไขปรับปรุง

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสม องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถาม โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่านำหนักคะแนน เป็นดังนี้

คะแนน	5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
คะแนน	4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
คะแนน	3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
คะแนน	2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
คะแนน	1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ได้
โค้งปกติ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.50 – 5.00	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	3.50 – 4.49	หมายถึง	เหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย	2.50 – 3.49	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้เป็นดังนี้



ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับ
เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้ง 10 แผน

ที่	แผนการจัดการเรียนรู้	ค่าเฉลี่ย (\bar{x})	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	การแปลผล
1.	การศึกษาลักษณะที่แสดงออก	4.84	0.28	เหมาะสมมาก ที่สุด
2.	ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย	4.85	0.25	เหมาะสมมาก ที่สุด
3.	การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม	4.85	0.34	เหมาะสมมาก ที่สุด
4.	สารพันธุกรรม	4.89	0.24	เหมาะสมมาก ที่สุด
5.	ดีเอ็นเอและยีน	4.80	0.32	เหมาะสมมาก ที่สุด
6.	โครโมโซม	4.80	0.45	เหมาะสมมาก ที่สุด
7.	การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	4.76	0.48	เหมาะสมมาก ที่สุด
8.	โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	4.93	0.16	เหมาะสมมาก ที่สุด
9.	ความผิดปกติทางพันธุกรรม	4.98	0.06	เหมาะสมมาก ที่สุด
10.	เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม	4.96	0.08	เหมาะสมมาก ที่สุด

ซึ่งมีค่ามากกว่า 3.51 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการ
เรียนการสอนมีคุณภาพเหมาะสม (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) สามารถนำไปใช้งานได้

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายในแต่ละ
วรอบ

8. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงรอบ ทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนในวิจัยเชิงปฏิบัติการ นำข้อเสนอแนะ และปัญหา อุปสรรคต่าง ๆ ที่ได้จากสะท้อนผลมาปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบต่อไป

9. เมื่อทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะจากการสะท้อนผลแล้ว นำเครื่องมือที่ได้ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้ในวงจรปฏิบัติการรอบถัดไป

ตอนที่ 2 แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

ในการสร้างเครื่องมือแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับการการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นลักษณะของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ที่ต้องการวัด ดังตารางที่ 8
3. สร้างแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของใบบันทึกกิจกรรมแบบเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) โดยประกอบด้วยข้อคำถามต่าง ๆ ที่ต้องการวัด จำนวน 8 ข้อ ดังตัวอย่างในภาคผนวก จ หน้า 4
4. เสนอการให้คะแนนแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เป็นแบบ Rubric score ตามแนวทาง สำนักงานทดสอบทางการศึกษา (2546) โดยมีหัวข้อที่สังเกต ได้แก่ ข้อสรุป ประจักษ์พยาน การเขียน



ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินคุณภาพการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่ / คนที่	ระดับคุณภาพ			
	0 (ปรับปรุง)	1 (ผ่าน)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
ข้อสรุป (Claim)	ไม่มีข้อสรุป หรือ ข้อสรุปไม่ถูกต้อง	ข้อสรุปถูกต้อง แต่ไม่มีเหตุผลรองรับ	ข้อสรุปถูกต้อง มี เหตุผลรองรับ แต่ยังไม่ ครบถ้วน	ข้อสรุปถูกต้อง มี เหตุผลรองรับ ครบถ้วนสมบูรณ์
ประจักษ์พยาน (Evidence)	ไม่ได้อ้างถึง ประจักษ์พยาน หรืออ้างถึง ประจักษ์พยานที่ไม่เหมาะสม และ ไม่ได้สนับสนุน ข้อสรุป	มีการอ้างถึง ประจักษ์พยาน แต่ไม่มีความ สอดคล้อง ไม่ สามารถ สนับสนุนข้อมูล ได้	อ้างถึงประจักษ์ พยานที่ เหมาะสม แต่ไม่ เพียงพอที่จะ สนับสนุนข้อสรุป	อ้างถึงประจักษ์ พยานที่ เหมาะสมและ เพียงพอที่จะ สนับสนุนข้อสรุป
การเขียน (Writing)	ไม่มีการเชื่อมโยง กับเนื้อหาที่เรียน หรืออ้างอิง เนื้อหาที่เรียน และไม่ได้ เชื่อมโยงระหว่าง ข้อสรุปกับ ประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยง กับเนื้อหาที่เรียน แต่ไม่มีการ เชื่อมโยงระหว่าง ข้อสรุปและ ประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยง กับเนื้อหาที่เรียน และมีการ เชื่อมโยงระหว่าง ข้อสรุปกับ ประจักษ์พยาน แต่ยังไม่ครบถ้วน	มีการเชื่อมโยง กับเนื้อหาที่เรียน ได้อย่างถูกต้อง และมีการ เชื่อมโยงระหว่าง ข้อสรุปและ ประจักษ์พยาน เพียงพอ

ตารางที่ 9 ระดับคุณภาพการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

คะแนน	ระดับคุณภาพ
0 – 1	ต้องปรับปรุง
2 – 3	ผ่าน
4 – 5	พอใช้
6 – 9	ดี

5. นำแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และให้คำแนะนำและข้อเสนอเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

6. นำแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

7. ทำการตรวจสอบความตรงของรายการประเมิน แล้วนำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ได้ค่า 0.90 รายละเอียดดังภาคผนวก ค หน้า 156 ถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

8. นำแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยในแต่ละคาบเรียน

ตอนที่ 3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1. ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการสร้างแบบสัมภาษณ์จาก กิติพัฒน์ นนทปัทมะคุลย์ (2554)

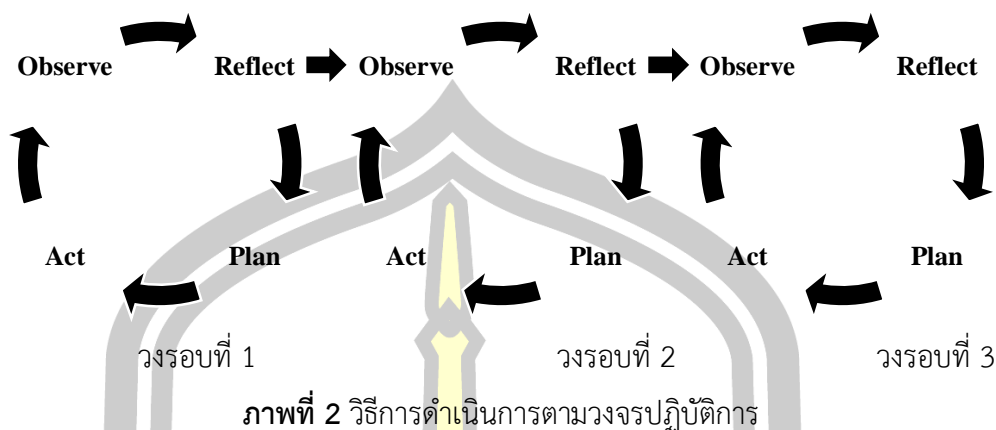
2. ทำการสร้างแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi – Structured Interview) โดยมีประเด็นคำถาม 8 ประเด็นตามหัวข้อการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ดังตัวอย่างในภาคผนวก จ หน้า 16

3. นำแบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานร่วมกันที่ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการตรวจสอบความตรงของรายการข้อคำถามที่ต้องการวัด แล้วนำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) รายละเอียดดังในภาคผนวก ค หน้า 155 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.96 ถือว่าเป็นแบบสัมภาษณ์ที่มีความสอดคล้อง สามารถนำไปใช้ได้

4. นำแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยในแต่ละคาบเรียน

3.4 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบบันไดเวียน (Spiral of Steps) ตามแนวคิดของ (Kemmis et al., 2014) ประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflection) หรือ PAOR มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็น 3 วงรอบ ดังนี้



3.4.1 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 1

3.4.1.1 ชั้นวางแผน (Plan)

1) การศึกษาสภาพบริบททั่วไปของโรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ในปีการศึกษา 2561 ที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาในชั้นเรียนของนักเรียนโรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ จากเอกสารการประชุมของฝ่ายวิชาการ การประชุมระดับโรงเรียน ร่องรอยและเอกสารรายงานการประเมินผลการปฏิบัติงานของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์กรมหาชน) ปีการศึกษา 2561 รายงานการปฏิบัติงานประจำปี (SAR) ปีการศึกษา 2561 และการจัดการเรียนการสอนในปีการศึกษาที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีปัญหาด้านการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งไม่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองที่ถูกต้องได้ เนื่องจากขาดองค์ประกอบในหลายส่วน เช่น ไม่มีการนำผลการทดลองที่บันทึกได้มาอธิบายเป็นเหตุผลในการสรุป หรือเขียนมาโดยที่มีข้อความไม่ครบถ้วน จากสภาพปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยเลือกปัญหาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อทำการแก้ไข

2) แนวทางการแก้ปัญหา จากการศึกษาเอกสารงาน ตำรา และวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้ว ผู้วิจัยจึงได้จัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาของนักเรียน ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) จำนวน 10 แผน รวม 15 ชั่วโมง (2) แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3.4.1.2 ชั้นปฏิบัติ (Act)

สร้างเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยมีวิธีการสร้างเครื่องมือทั้ง 3 เครื่องมือ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 แผน รวม 15 ชั่วโมง (2) แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในหัวข้อที่ 3 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.4.1.3 ชั้นสังเกต (Observe)

- 1) จัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 4
- 2) เก็บรวบรวมข้อมูลการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเครื่องมือ แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3.4.1.4 ชั้นสะท้อนผล (Reflection)

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในชั้นสังเกต (Observe) มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปประเด็นปัญหา อุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะ และหาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในวงจรการปฏิบัติในวงรอบที่ 2 ต่อไป

3.4.2 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 2

3.4.2.1 ชั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้นำปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะจากวงจรปฏิบัติการในวงรอบที่ 1 แล้ววางแผนการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครอบคลุมประเด็นปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะเพื่อให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.4.2.2 ชั้นปฏิบัติ (Act)

- 1) ทำการปรับปรุงเครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในแผนที่ 5 – 8 ตามประเด็นปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอที่พบในวงรอบที่ 1
- 2) นำเครื่องมือที่ได้ทำการปรับปรุงตามคำแนะนำและข้อเสนอจากการสะท้อนผลในวงรอบที่ 1 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม รายละเอียดดังภาคผนวก ค หน้า 148
- 3) ปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำและข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำเครื่องมือวิจัยไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในวงรอบที่ 2 ต่อไป

3.4.2.3 ชั้นสังเกต (Observe)

- 1) จัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 – 8
- 2) เก็บรวบรวมข้อมูลการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเครื่องมือ แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3.4.2.4 ชั้นสะท้อนผล (Reflection)

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นสังเกต (Observe) มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ สรุปประเด็นปัญหา อุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และข้อเสนอแนะ และหาแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในวงจรการปฏิบัติในวงรอบที่ 3 ต่อไป

3.4.3 การดำเนินการตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 3

3.4.3.1 ชั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้นำปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะจากวงจรปฏิบัติการในวงรอบที่ 2 แล้ววางแผนการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในกรอบกลุ่มประเด็นปัญหา อุปสรรคและข้อเสนอแนะเพื่อให้การดำเนินการมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.4.3.2 ชั้นปฏิบัติ (Act)

- 1) ทำการปรับปรุงเครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในแผนที่ 9 – 10 ตามประเด็นปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอที่พบในวงรอบที่ 2
- 2) นำเครื่องมือที่ได้ทำการปรับปรุงตามคำแนะนำและข้อเสนอจากการสะท้อนผลในวงรอบที่ 2 ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสม ตามรายละเอียดดังภาคผนวก ค หน้า 152
- 3) ปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำและข้อเสนอของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำเครื่องมือวิจัยไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายในวงรอบที่ 3 ต่อไป

3.4.3.3 ชั้นสังเกต (Observe)

- 1) ทำการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ในแผนที่ 9 – 10 ที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว
- 2) เก็บรวบรวมข้อมูลการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยเครื่องมือ แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- 3) เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนการสอนในแผนจัดการเรียนรู้สุดท้าย แล้วให้เก็บรวบรวมข้อมูลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ด้วยเครื่องมือแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

3.4.3.4 ชั้นสะท้อนผล (Reflection)

เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ประเด็นปัญหา อุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ ข้อเสนอแนะ สรุปผลการวิจัย ด้วยสถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเขียนรายงานผลการวิจัยต่อไป

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ใช้สูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

$$P = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่หรือจำนวนข้อมูลที่ต้องการหาร้อยละ

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean or Mean) มีชื่อเรียกหลายอย่าง เช่น ค่ากลาง มัชฌิมเลขคณิต คะแนนเฉลี่ย สัญลักษณ์ที่ใช้แทน คือ \bar{X} (X-bar) ซึ่งหาได้จากผลรวมของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูลดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด และคณะ, 2558)

กรณีที่ข้อมูลไม่ได้แจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ยเท่ากับผลบวกของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนข้อมูล เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

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

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลบวกของข้อมูลทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูล

กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงความถี่ ค่าเฉลี่ยหาได้จากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum fx$ แทน ผลรวมทั้งหมดของความถี่คูณข้อมูลแต่ละตัว

N แทน จำนวนข้อมูล

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นิยมใช้สัญลักษณ์ย่อคือ SD เป็นการวัดการกระจายที่ข้อมูลแต่ละตัวเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เพราะนำเอาค่าทุก ๆ ค่ามาคำนวณ นำเชื่อถือ และสามารถนำไปวิเคราะห์ข้อมูลสถิติขั้นสูงได้ นิยมใช้คู่กับค่าเฉลี่ย ซึ่งมีวิธีการหาดังนี้

กรณีข้อมูลไม่แจกแจงความถี่

$$S = \frac{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

หรือ

$$S = \frac{\sqrt{n \sum X^2 - (\sum X)^2}}{n - 1}$$

เมื่อ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X แทน ข้อมูลแต่ละตัว

\bar{x} แทน ค่าเฉลี่ย

กรณีข้อมูลแจกแจงความถี่

$$S = \frac{\sqrt{\sum f(X - \bar{X})^2}}{n - 1}$$

หรือ

$$S = \frac{\sqrt{n \sum fX^2 - (\sum fX)^2}}{n - 1}$$

เมื่อ S แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

X แทน ค่ากลางของแต่ละชั้นข้อมูล

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

f แทน ความถี่

3.6 วิธีการเก็บข้อมูล

วิธีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลโดยแยกตามชนิดของเครื่องมือวิจัยแต่ละเครื่องมือ ดังนี้

3.6.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์มีทั้งหมด 10 แผนการเรียนรู้ รวม 15 ชั่วโมง ใช้เพื่อทำการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยแบ่งออกเป็น 3 วงรอบ ตามวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วงรอบที่ 1 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 – 4 รวม 4 แผนการเรียนรู้ รวม 6 ชั่วโมง ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ แล้วทำการสะท้อนผลตามขั้นตอนในวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

วงรอบที่ 2 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 5 – 8 รวม 4 แผนการเรียนรู้ รวม 6 ชั่วโมง ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 2 สัปดาห์ แล้วทำการสะท้อนผลตามขั้นตอนในวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ และ

วงรอบที่ 3 ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 9 – 10 รวม 4 แผนการเรียนรู้ รวม 3 ชั่วโมง ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 1 สัปดาห์ แล้วทำการสะท้อนผลตามขั้นตอนในวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

3.6.2 แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ต้องใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้สำหรับให้นักเรียนได้บันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ และตอบคำถาม เมื่อจัดกระบวนการเรียนรู้เสร็จเรียบร้อยแล้วในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยทำการตรวจให้คะแนนแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายคน ตามเกณฑ์การให้คะแนนในตารางที่ 8 บันทึกลงในบันทึกคะแนนการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และประเมินระดับคุณภาพตามระดับคุณภาพการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในตารางที่ 9

3.6.3 แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

เครื่องมือแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่ต้องใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลังจากบันทึกคะแนนแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเสร็จแล้ว ให้ผู้วิจัยสัมภาษณ์นักเรียนเป็นรายบุคคล ตามข้อคำถามในแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ บันทึกข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ ให้คะแนนและประเมินระดับคุณภาพการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในตารางที่ 8 และ 9 ตามลำดับ เพื่อใช้วิเคราะห์เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีความมุ่งหมายของการวิจัย เพื่อ พัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 คน โดยหลังจากที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้ว มีการวิเคราะห์ถึงปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้านคุณภาพและด้านปริมาณจากผู้วิจัยและกลุ่มเป้าหมาย นำมาใช้เป็นแนวทางแก้ไขและเพื่อปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการในวงรอบต่อไป เพื่อให้มีประสิทธิภาพและมีการพัฒนายิ่งขึ้น มีผลการวิจัยเป็นดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3

4.1.1 ผลการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามวงจรปฏิบัติการวงรอบ

ที่ 1

การปฏิบัติการวิจัยในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การศึกษาลักษณะที่แสดงออก เวลา 1 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย เวลา 2 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเวลา 1 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สารพันธุกรรม เวลา 2 ชั่วโมง รวม 4 แผน เวลา 6 ชั่วโมงโดยผู้วิจัยจะทำการนำเสนอผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

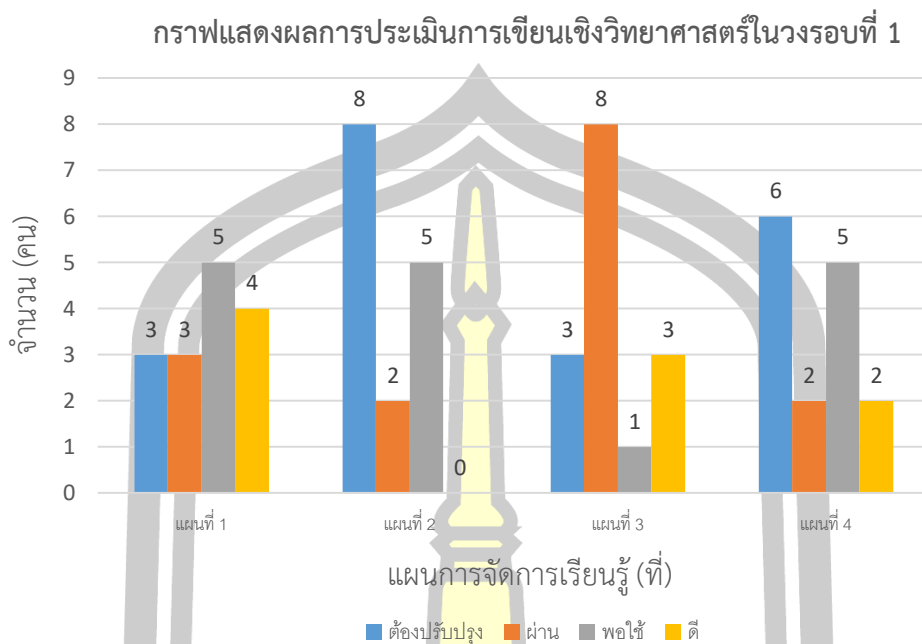
เมื่อจัดกระบวนการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้ง 4 แผนการเรียนรู้แล้วทำการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วได้ข้อมูลเป็นเชิงปริมาณแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ดังตารางในภาคผนวกหน้า 147 และสามารถนำมาสรุปได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 สรุปการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามวงจร
ปฏิบัติการวงรอบที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 4

เลขที่	แผนที่ 1		แผนที่ 2		แผนที่ 3		แผนที่ 4	
	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน
1	2	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	2	ผ่าน	5	พอใช้
2*	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง
3	8	ดี	3	ผ่าน	3	ผ่าน	3	ผ่าน
4	2	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง
5	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	1	ต้องปรับปรุง
6	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	3	ผ่าน	3	ผ่าน
7	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง
8	5	พอใช้	3	ผ่าน	2	ผ่าน	4	พอใช้
9*	1	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง
10	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง	3	ผ่าน	4	พอใช้
11	8	ดี	5	พอใช้	6	ดี	7	ดี
12	6	ดี	5	พอใช้	5	พอใช้	4	พอใช้
13	8	ดี	5	พอใช้	6	ดี	6	ดี
14	2	ผ่าน	4	พอใช้	3	ผ่าน	4	พอใช้
15	5	พอใช้	5	พอใช้	6	ดี	0	ต้องปรับปรุง

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปรณ ทิโต ชีเว



ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในรอบที่ 1

จากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวรอบที่ 1 พบว่า นักเรียนที่ได้ระดับผ่านขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 66.67 และอยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 33.33 แต่จะสังเกตได้ว่าจำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับต้องปรับปรุงมีการเปลี่ยนแปลงในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพมาใช้ในการอธิบายผลการปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวรอบที่ 1 ในหัวข้อถัดไป

4.1.2 ผลการปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวรอบที่ 1

ก่อนการทดลอง

ขั้นสร้างความสนใจ

ขั้นสร้างความสนใจในแต่ละครั้งจะเริ่มด้วยการทบทวนบทเรียนจากครั้งที่แล้ว ผ่านการทำ Quiz เพื่อเป็นการเช็คเวลาเรียนและเก็บคะแนนระหว่างการเรียน และจะมีสื่อเป็นภาพ วีดีโอ หรือสื่อจากของจริงมาเพื่อสร้างความสนใจของนักเรียน ก่อนจะเริ่มตั้งคำถาม ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อชี้ให้นักเรียนรู้ถึงเนื้อหาที่จะทำการเรียนในคาบนั้น ๆ และให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการทราบในขั้นต่อไป

กำหนดปัญหา / คำถาม


ขั้นการกำหนดปัญหาหรือคำถาม นักเรียนจะทราบแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน จากการนำเข้าสู่บทเรียนในขั้นสร้างความสนใจแล้ว ผ่านการตอบคำถามด้วยคำถามหลัก 3 คำถาม ได้แก่

“จากเรื่องที่ครูเล่าไป (ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน) นักเรียนต้องการเรียนรู้เรื่องอะไร” – (คำถามหลัก)

“นักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนตั้งคำถามอย่างไร” – (ตรวจสอบความรู้เดิม)

“นักเรียนมีวิธีการทดลอง / ศึกษา อย่างไรเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ” – (อภิปรายการทดลอง / ศึกษา)

ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด และยากที่สุดในการเริ่มทำกิจกรรม เพราะครูผู้สอนจะไม่สามารถบอกได้ว่า เรื่องที่จะทำการเรียนการสอนนั้นเป็นเรื่องอะไร แต่ต้องยกตัวอย่าง และคำถามที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวันจึงจะสามารถสร้างความสนใจของนักเรียนได้ โดยมากแล้ว หากเป็นคาบที่มีการทดลองจะมีปัญหาน้อยกว่าคาบที่เป็นการศึกษาเพียงอย่างเดียว เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 2 และ 4 นักเรียนจะเห็นภาพรวมของการทำกิจกรรมอย่างรวดเร็ว และมีคำถามหลากหลายที่นักเรียนสามารถตั้งคำถามด้วยตัวเอง และสามารถคิดวิธีการหาคำตอบด้วยตัวเองได้ง่าย แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม จะเป็นการศึกษาโดยใช้แหล่งความรู้ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ โดยไม่มีการทำการทดลอง และให้นักเรียนสืบค้นด้วยตนเอง นักเรียนจะสับสนในการตั้งคำถาม เนื่องจากไม่ทราบว่าขอบเขตของเนื้อหาที่ตนต้องการจะศึกษาคืออะไร ทำให้มีผลกระทบบ่อยไปยังขั้นตอนต่อ ๆ ไป

 โรงเรียนหนองอารีวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ	ใบกิจกรรมที่ 6.1 เรื่อง การสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมที่ แสดงออก	ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562	ผู้สอน นายจิรินทร์ นันทะเสน
กิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงออก		
การกำหนดปัญหา/คำถาม		
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร - <u>พันธุกรรมของหม่า</u> - <u>ลักษณะต่างของหม่า</u> - <u>ทำไมหม่าถึงมีสีขนไม่เหมือนกัน</u> - <u>คนกว่าทำไมสีขนจึงไม่เหมือนกัน</u>	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการ เรียนรู้อย่างไร - <u>หม่า มีลักษณะแตกต่างกันตาม</u> <u>แต่ก็สามที่หนึ่ง</u>	

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการศึกษาในวงรอบที่ 1

การทดสอบ

ขั้นการทดสอบของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนนั้น มีปัญหาที่พบบ่อยบ้างเล็กน้อย เช่น นักเรียนไม่เข้าใจวิธีการหาคำตอบของตนเอง ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือในการอธิบายวิธีการทดลอง

ระหว่างการทดลอง

การสังเกต

ขั้นการสังเกตเป็นขั้นตอนที่พบปัญหาน้อยที่สุดในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการคอยสังเกต และให้คำแนะนำกับนักเรียนที่ทำการทดลองหรือศึกษาเพื่อเขียนผลของการศึกษานั้น ๆ ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง ปัญหาที่พบคือ นักเรียนบางคนใช้เวลานานในการเขียน และไม่ตรงประเด็นที่ตั้งคำถาม ซึ่งจะทำให้มีปัญหาในการจัดการเรียนรู้ในขั้นต่อไป

หลังการทดลอง

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ข้อสรุป

ในขั้นการสรุป นักเรียนจะได้เขียนสรุปจากผลการทดลองหรือการศึกษาในแต่ละครั้ง ซึ่งข้อสรุปจะต้องสอดคล้องกับคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ในขั้นแรกด้วย จากการทำการจัดการเรียนรู้พบว่า ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ลักษณะที่แสดงออก นักเรียนยังค่อนข้างสับสนกับวิธีการเขียนข้อสรุป ซึ่งครูจะต้องช่วยนักเรียนในการร่วมกันสรุปด้วยการอธิบาย ด้วยคำถามต่าง ๆ เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง นักเรียนเริ่มปรับตัวในการเขียนสรุปได้ แต่เมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งไม่ได้มีการทดลอง ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างข้อสรุปได้จากผลการศึกษาของตนเอง เป็นผลเนื่องมาจากการตั้งคำถามที่ไม่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการเรียนรู้ ในบางแผนการจัดการเรียนรู้ มีสาระสำคัญที่นักเรียนต้องสรุปมากกว่า 1 ประเด็น เช่น แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ลักษณะเด่นลักษณะด้อย นักเรียนส่วนใหญ่จะไม่สามารถเขียนข้อสรุปได้ครบทุกประเด็น

ประจักษ์พยาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงประจักษ์พยานเพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้อย่างครบถ้วน หากเป็นคาบการจัดการเรียนรู้ที่มีการทดลอง จะทำให้นักเรียนชี้ประจักษ์พยานได้ชัดเจนมากกว่าคาบที่ไม่มีการทดลอง เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

ภาพที่ 5 การเขียนข้อสรุปที่ไม่ชัดเจนและการอ้างประจักษ์พยานที่ไม่สามารถสนับสนุนข้อสรุปได้

ชั้นขยายความรู้

เป็นการขยายความรู้ให้กับนักเรียนเพิ่มเติม โดยผ่านการตั้งคำถามและการทำกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งจะต่อเนื่องจากการอธิบายและลงข้อสรุปในขั้นตอนที่ผ่านมา ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม นักเรียนจะไม่ค่อยให้ความร่วมมือเท่าที่ควร เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของการหาคำตอบของตัวนักเรียนเอง เช่น การตั้งคำถามที่ต้องการศึกษา การบันทึกผลการศึกษา การสรุป การชี้ประจักษ์พยาน มีความยากลำบาก เมื่อครูจะขยายความรู้เพิ่มเติมให้กับนักเรียน จึงเกิดความไม่พร้อมในการดำเนินกิจกรรมในขั้นนี้ แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 2 และ 4 นั้นมีการทดลอง และนักเรียนได้ทำตามขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง จึงไม่เกิดปัญหา

การอ่าน

ขั้นการอ่านเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของตนเอง หลังจากท้ออธิบายและลงข้อสรุปร่วมกันผ่านคำถามหลัก 2 คำถาม ได้แก่

“แนวคิดของนักเรียนเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มตนเองและต่างกลุ่ม (มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” และ

“แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงภายนอก (โดยระบุแหล่งที่มาของข้อมูลอ้างอิง)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนพบปัญหาเดียวกัน คือ ในคำถามแรกนักเรียนมักจะเขียนด้วยข้อความง่าย ๆ เช่น เหมือน หรือไม่เหมือน โดยไม่อธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่ได้เกิดการสะท้อนความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างสมควร และคำถามที่สอง ที่เป็นการเปรียบเทียบข้อสรุปของตนเองกับแหล่งอ้างอิงภายนอก เช่น หนังสือ ตำรา นักเรียนจะตอบด้วยคำสั้น ๆ เช่น เหมือน หรือ แตกต่าง โดยไม่มี

การอธิบายเพิ่มเติม และไม่มีการให้แหล่งอ้างอิงของข้อมูลเลย เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ แต่มักจะเปรียบเทียบกับใบความรู้ และสื่อการเรียนรู้ที่ครูนำมาให้ แทน ซึ่งยังไม่เพียงพอในการสะท้อนข้อมูลเพื่อสรุปให้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง

4. ข้อสรุป	
การกินนมมีหน้าที่แตกต่างกันเกิดจากกรรมพันธุ์ แมมมอลชั้นเทศ ที่ทำให้ คนเรามีหน้าตาไม่เหมือนกัน ผู้ให้คำตอบ	
5. ประจักษ์พยาน	
โดยคนต่างพวกต่างคน การสืบพันธุ์แมมมอลชั้นเทศ จะทำให้ลูกมีหน้าตาเหมือนแม่ แต่การสืบพันธุ์แมมมอลชั้นเทศ จะทำให้ลูกมีหน้าตาคล้ายพ่อแม่	
6. การอ่าน	
6.1. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อน ในกลุ่มอื่นหลังจากอภิปราย	6.2. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูล อ้างอิงจากแหล่งที่มาภายนอก (ระบุแหล่งที่มา ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)
เหมือน	เหมือนกัน กับ www.scimath.org/ lesson-biology/item/1058-2017-05-25 -14-43-19

ภาพที่ 6 การเปรียบเทียบความคิดของนักเรียนกับนักเรียนกลุ่มอื่นและการเปรียบเทียบข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงภายนอก

การสะท้อนความคิด

ขั้นการสะท้อนความคิดเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของนักเรียนเองหลังจากทำการทดลอง ศึกษาและลงข้อสรุปมาแล้ว ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างไปจากเดิมอย่างไร จากการทำการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ก็จะตอบด้วยคำตอบสั้น ๆ ว่าเหมือน หรือแตกต่าง โดยที่ไม่มีการอธิบายเพิ่มเติมว่าแตกต่างไปอย่างไร บางส่วนอธิบายเพิ่มเติมแต่ไม่ตรงประเด็นคำถาม

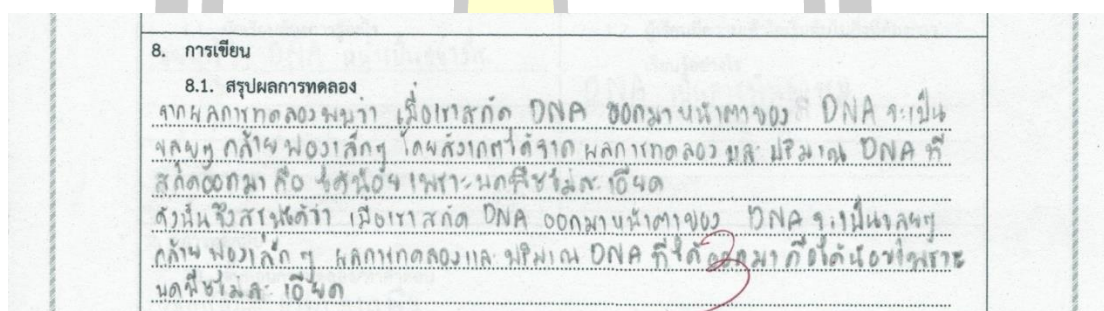
6.1. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อน ในกลุ่มอื่นหลังจากอภิปราย	6.2. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูล อ้างอิงจากแหล่งที่มาภายนอก (ระบุแหล่งที่มา ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)
- เหมือนกัน	- เหมือน เหมือน
7. การสะท้อนความคิด	
7.1. แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ พร้อมระบุเหตุผล	
- ไม่เปลี่ยนแปลง	

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการสะท้อนความคิดที่ไม่ชัดเจนเนื่องจากไม่มีการระบุรายละเอียดเพิ่มเติม

ชั้นประเมินผล

การสรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เขียนสรุป โดยมีองค์ประกอบของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อสรุป ประจักษ์พยาน และความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน ซึ่งผู้สอนได้กำหนดวิธีการเขียนด้วยโครงสร้างตามแบบบันทึกกิจกรรม พบว่า ในการจัดการเรียนรู้ที่มีการทำการทดลอง นักเรียนสามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้ชัดเจนกว่าการเรียนรู้โดยไม่มีการทดลอง เพราะเมื่อนักเรียนลงมือเขียนสรุปผลการทดลอง นักเรียนเพียงแค่นำข้อสรุป และประจักษ์พยานที่นักเรียนได้เขียนลงไปแล้วในขั้นตอนที่ผ่านมา นำมาร้อยเรียงต่อกันให้เกิดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง และมีองค์ประกอบของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังคงขาดองค์ประกอบบางประการ เช่น ประจักษ์พยานที่นำไปสู่การสนับสนุนข้อสรุปของตนเองนั้น นักเรียนมักจะอ้างขึ้นมาลอย ๆ ตามที่ตนเองเขียนไว้ในขั้นก่อนหน้า โดยไม่มีการระบุผลการทดลองที่ทำให้เชื่อมโยงไปยังข้อสรุปได้ครบถ้วน



ภาพที่ 8 การเขียนสรุปผลการทดลองที่ดี มีรายละเอียดครบถ้วน

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 นั้น มีปัญหาที่พบหลักมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่มีการทดลอง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ทำให้ให้นักเรียนไม่สามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง อันเนื่องมาจากความสับสนของการเขียนตั้งแต่ในขั้นตอนแรก และเมื่อไม่มีการทดลอง ทำให้นักเรียนขาดความสนใจในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนไปด้วย

สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากการเดินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 – 4 แล้ว ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม การสัมภาษณ์นักเรียน แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ บันทึกหลังการสอนของครู และจากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมจากนักเรียนแล้ว พบ

ปัญหาแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในวงจรปฏิบัติการ
วงรอบที่ 2 ซึ่งสามารถแยกได้เป็น 5 ประเด็น ดังนี้

ตารางที่ 11 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการ
เรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวิจัยวงรอบที่ 1

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
การตั้งปัญหา / คำถาม	
-นักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการจะศึกษาได้ หากนักเรียนไม่รู้ขอบเขตของเรื่องที่จะเรียน -นักเรียนมักไม่ตอบคำถามว่า นักเรียนมีความรู้เดิมในเรื่องที่ต้องการจะศึกษาอย่างไร	-ต้องระบุชื่อเรื่องที่จะให้นักเรียนทำกิจกรรมก่อน โดยสอดแทรกไว้ในขั้นสร้างความสนใจและเพิ่มคำถามกระตุ้นความสนใจ พยายามให้นักเรียนระบุความรู้เดิมที่นักเรียนมี อาจเพิ่มเวลาให้นักเรียนมีเวลาได้เขียนมากขึ้น
ข้อสรุป	
-นักเรียนไม่สามารถตั้งข้อสรุปได้ถูกต้อง เนื่องจากตั้งปัญหา / คำถาม ไม่ชัดเจน -ข้อสรุปของนักเรียนไม่สอดคล้องกับคำถามที่นักเรียนต้องการหาคำตอบ	-แก้ไขโดยการปรับรูปแบบของขั้นสร้างความสนใจ ให้นักเรียนมีโอกาสตั้งคำถามได้มากขึ้น หลากหลายมากขึ้น โดยครุระบุขอบเขตของเรื่องที่ต้องการจะศึกษาให้ชัดเจนมากขึ้น -ให้นักเรียนปรับการตั้งคำถาม ให้สอดคล้องกับเรื่องที่ต้องการศึกษามากขึ้น โดยระบุขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจนขึ้น
ประจักษ์พยาน	
- นักเรียนไม่ระบุนายละเอียดของประจักษ์พยาน -ประจักษ์พยานที่นักเรียนอ้างไม่สามารถสนับสนุนข้อสรุปได้	-ให้เวลานักเรียนได้เขียนประจักษ์พยานที่มาจาก การทดลองของตนเองมากขึ้น -ทบทวนขั้นการสังเกต และเพิ่มการอภิปรายผลการทดลองมากขึ้น
ความเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุป	
-นักเรียนไม่แสดงความเชื่อมโยงของประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลองมายังข้อสรุป เช่น ไม่มีการยกตัวอย่างผลการทดลอง หรือไม่แสดงคำที่เชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุป	-ปรับปรุงรูปแบบของการเขียนสรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 11 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวิจัยรอบที่ 1 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	
- เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไม่เพียงพอ	-ปรับปรุงเรื่องการใช้เวลาในแต่ละขั้นการเรียนรู้

4.1.2 ผลการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามวงจรปฏิบัติการรอบที่ 2

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการรอบที่ 1 แล้ว ผู้วิจัยได้นำปัญหาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 – 8 ดังรายละเอียดในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สรุปรายการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยในวิจัยเชิงปฏิบัติการรอบที่ 2

ปัญหา	รายการปรับปรุงเครื่องมือ
การตั้งปัญหา / คำถาม ประจักษ์พยาน ความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน ข้อสรุป	ปรับปรุงข้อคำถามในขั้นสร้างความสนใจ เพื่อให้ นักเรียนตั้งปัญหา / คำถามภายใต้กรอบการ เรียนรู้เดียวกัน ซึ่งจะนำไปสู่ข้อสรุป และการชี้ ประจักษ์พยานที่ถูกต้อง เพิ่มการอภิปรายหลังการทดลอง / ศึกษา

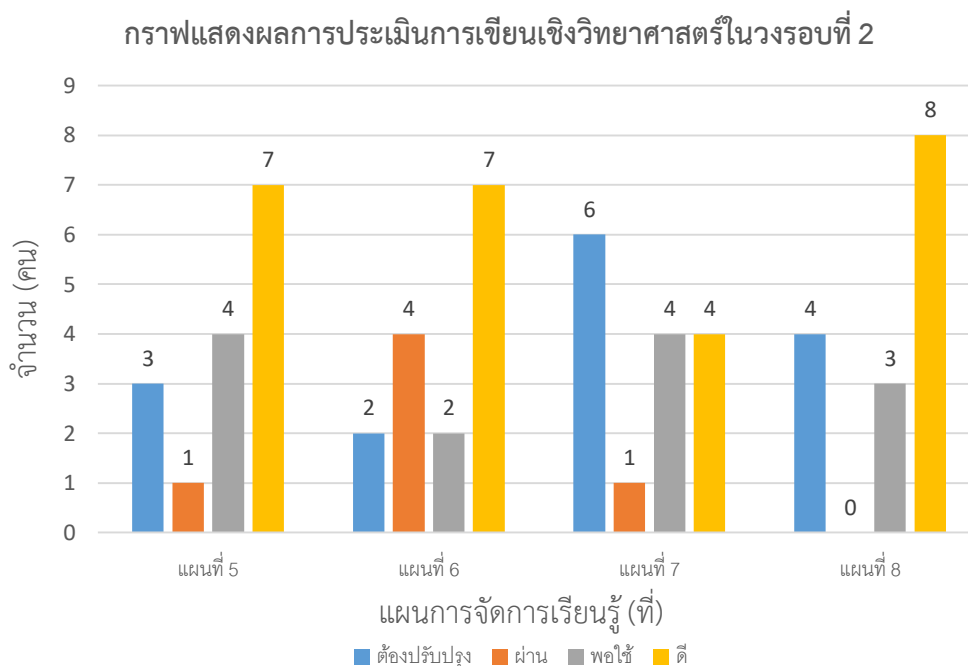
การปฏิบัติการวิจัยในวงจรปฏิบัติการรอบที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการรอบที่ 2 จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน เวลา 1 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง โครโมโซม เวลา 2 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล เวลา 1 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง โอกาสการเข้าคู่กันของยีน เวลา 2 ชั่วโมง รวมเวลา 6 ชั่วโมงโดยผู้วิจัยจะทำการนำเสนอผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ เมื่อจัดกระบวนการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้ง 4 แผนการเรียนรู้แล้วทำการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์แล้วได้ข้อมูล

เป็นเชิงปริมาณแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ดังตารางในภาคผนวก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ใน
วงจรรูปปฏิบัติการวงรอบที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 – 8

เลข ที่	แผนที่ 5		แผนที่ 6		แผนที่ 7		แผนที่ 8	
	คะแนน	ผลการ ประเมิน	คะแนน	ผลการ ประเมิน	คะแนน	ผลการ ประเมิน	คะแนน	ผลการ ประเมิน
1	7	ดี	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง
2*	3	ผ่าน	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	5	พอใช้
3	4	พอใช้	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง	8	ดี
4	6	ดี	2	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	4	พอใช้
5	5	พอใช้	4	พอใช้	3	ผ่าน	6	ดี
6	4	พอใช้	7	ดี	5	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง
7	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้อง ปรับปรุง	7	ดี	0	ต้องปรับปรุง
8	0	ต้องปรับปรุง	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง
9*	7	ดี	6	ดี	0	ต้องปรับปรุง	6	ดี
10	7	ดี	7	ดี	5	พอใช้	8	ดี
11	8	ดี	8	ดี	8	ดี	9	ดี
12	8	ดี	8	ดี	4	พอใช้	9	ดี
13	8	ดี	8	ดี	7	ดี	9	ดี
14	0	ต้องปรับปรุง	0	ต้อง ปรับปรุง	4	พอใช้	5	พอใช้
15	4	พอใช้	7	ดี	7	ดี	8	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้



ภาพที่ 9 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 2

จากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 พบว่า มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 75 และนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 25 ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อมูลเชิงคุณภาพที่สังเกตได้มาใช้อธิบายผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 ต่อไป

ผลการปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 แล้ว ผู้วิจัยได้นำปัญหาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 – 8 ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยจะขออธิบายตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ดังนี้

ก่อนการทดลอง

ขั้นสร้างความสนใจ

ขั้นสร้างความสนใจในแต่ละครั้งจะเริ่มด้วยการทบทวนบทเรียนจากครั้งที่แล้วผ่านการทำ Quiz เพื่อเป็นการนับเวลาเรียนและเก็บคะแนนระหว่างการเรียนรู้ และจะมีสื่อเป็นภาพวิดีโอ หรือสื่อจากของจริงมาเพื่อสร้างความสนใจของนักเรียน ก่อนจะเริ่มตั้งคำถาม ซึ่งเป็นคำถาม

ปลายเปิด เพื่อชี้ให้นักเรียนรู้ถึงเนื้อหาที่จะทำการเรียนในคาบนั้น ๆ และให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการทราบในขั้นต่อไป ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อคำถาม และสื่อที่ใช้ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มเว็บไซต์ที่ให้นักเรียนทำ Quiz และใช้เวลาให้น้อยลงจนเหลือเวลาในการทำ Quiz ในแต่ละรอบประมาณ 3 – 5 นาที ซึ่งเพียงพอต่อการตอบคำถามของนักเรียน และมีเวลาในกิจกรรมขั้นต่อไปมากขึ้น ด้านตัวนักเรียนเองก็เข้าใจบทบาทของตนเองมากขึ้น เพราะเริ่มคุ้นชิน และเข้าใจขั้นตอน และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากขึ้น

กำหนดปัญหา / คำถาม

ขั้นการกำหนดปัญหาหรือคำถาม นักเรียนจะทราบแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน จากการนำเข้าสู่เรียนในขั้นสร้างความสนใจแล้ว ผ่านการตอบคำถามด้วยคำถามหลัก 3 คำถาม โดยในขั้นนี้มีการปรับปรุงเพิ่มเติมจากปัญหาของวงรอบที่ผ่านมา โดยครูเพิ่มคำถามเข้ามา 1 คำถาม โดยที่ให้นักเรียนร่วมกันตอบ โดยที่ไม่ต้องเขียนลงไปแบบบันทึกกิจกรรม คือ


“นักเรียนคิดว่า จากที่ครูกล่าวมาทั้งหมด นักเรียนคิดว่าเรากำลังจะทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องใด” เพื่อเป็นการร่วมกันกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาในชั่วโมงนั้น ๆ ให้ตรงกันเสียก่อน แล้วจึงตามด้วยคำถามหลัก 3 คำถามที่นักเรียนจะต้องเขียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม ได้แก่

“จากข้อสรุปของเราก่อนหน้านี้ นักเรียนต้องการเรียนรู้เรื่องอะไร” – (คำถามหลัก)

“นักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนตั้งคำถามอย่างไร” – (ตรวจสอบความรู้เดิม)

“นักเรียนมีวิธีการทดลอง / ศึกษา อย่างไรเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ” – (อภิปรายการทดลอง / ศึกษา)

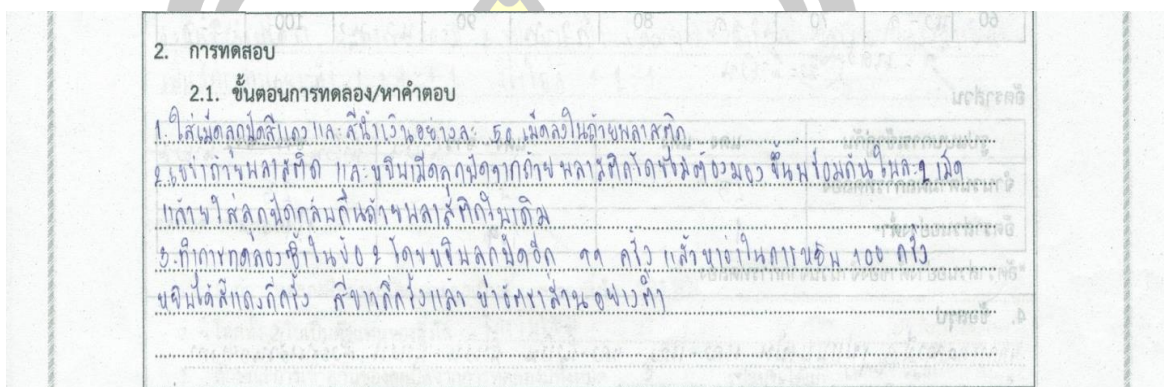
ผลปรากฏว่า นักเรียนสามารถตั้งคำถามได้ดีขึ้น มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหามากขึ้น

 โรงเรียนหนองอารีวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ	ใบบัณฑิตที่ 6.5 เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ	ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562	ผู้สอน นายจิรินทร์ นันทะเสน
กิจกรรมที่ 5 เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ		
การกำหนดปัญหา/คำถาม		
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้อย่างไร

ภาพที่ 10 การตั้งคำถามของนักเรียนที่มีความชัดเจน เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะศึกษา จากแผนการเรียนรู้อื่นที่ 5 โครงสร้างของดีเอ็นเอ

การทดสอบ

ขั้นการทดสอบของแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนนั้น มีปัญหาที่พบอยู่บ้างเล็กน้อย จากวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ผ่านมา แต่ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจในการตอบคำถาม และให้ความร่วมมือในการอภิปรายก่อนการทำการทดลองเป็นอย่างดี ประกอบกับ ในวงจรปฏิบัติการนี้ มีกิจกรรมที่เป็นปฏิบัติการทดลองเยอะกว่าวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 จึงสามารถเขียนได้ดีกว่า



ภาพที่ 11 การเขียนขั้นตอนการทดลองหรือศึกษาของนักเรียนที่ดี จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8
โอกาสการเข้าคู่กันของยีน

ระหว่างการทดลอง

การสังเกต

ขั้นการสังเกตเป็นขั้นตอนที่พบปัญหาน้อยที่สุดในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการคอยสังเกต และให้คำแนะนำกับนักเรียนที่ทำการทดลองหรือศึกษาเพื่อเขียนผลของการศึกษานั้น ๆ ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง ปัญหาที่พบคือ นักเรียนบางส่วนใช้เวลานาน โดยเฉพาะกับการเรียนรู้ในแผนที่ไม่ใช่ปฏิบัติการ ซึ่งมีเนื้อหาที่ต้องศึกษาเยอะ เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 โครงสร้างของดีเอ็นเอ และแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 7 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

หลังการทดลอง

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ข้อสรุป

ในขั้นการสรุป พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนข้อสรุปได้ และมีความสอดคล้องกับคำถามที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ในขั้นแรกมากขึ้น โดยไม่ว่าจะเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นปฏิบัติการหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากนักเรียนสามารถตั้งคำถามได้อยู่ภายในกรอบการเรียนรู้ที่ร่วมกันระบุในคำถามแรก และเนื้อหาที่ไม่ยากมาก ทำให้นักเรียนตั้งคำถามที่ต้องการรู้และหาคำตอบได้หลากหลาย

กิจกรรมที่ 6 เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล	
การกำหนดปัญหา/คำถาม	
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร - ทำไมพืชถึงปลูกแล้วคืนตา - เขาสีเกิดอย่างไร - ข้อสรุปของเมนเดลคืออะไร	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้อย่างไร
4. ข้อสรุป เหตุผลที่เมนเดลปลูกถั่วขึ้นตา คือ เป็นที่ที่ปลูกง่าย เป็นที่ที่ศึกษาค้นคว้าเองได้ มีลักษณะที่สังเกตเห็นชัดเจน เมนเดลตั้งเขาสีต้นต้น ต้นแรกคือต้นของถั่วขึ้นตา 7 ต้น ข้อสรุปของเมนเดลคือลักษณะเด่น : ค่อม = 3:1	

ภาพที่ 12 ตัวอย่างภาพการเขียนข้อสรุปที่สอดคล้องกับคำถามที่ต้องการหาคำตอบของนักเรียน จากแผนการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

ประจักษ์พยาน

จากการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน พบว่า นักเรียนมีการชี้ให้เห็นประจักษ์พยานที่สนับสนุนข้อสรุปได้ชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น เนื่องจาก เมื่อนักเรียนตั้งคำถามได้ถูกต้องแล้ว นักเรียนก็จะมีวิธีการหาคำตอบที่ถูกต้อง เมื่อมีวิธีการหาคำตอบที่ถูกต้อง ก็จะนำไปสู่ข้อสรุปที่ถูกต้อง และตรงตามคำถามที่นักเรียนต้องการจะเรียนรู้หรือหาคำตอบ และเมื่อจะต้องอ้างถึงประจักษ์พยานที่นำไปสู่ข้อสรุปของนักเรียนนั้น นักเรียนก็จะสามารถระบุได้อย่างถูกต้อง และสามารถใช้เป็นเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้ ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้พบว่าการเขียนประจักษ์พยานที่ถูกต้องจะมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์มากกว่า

ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล
51	หจ-หจ	61	ด-ด	71	หจ-หจ	81	ด-หจ	91	ด-ด
52	หจ-ด	62	หจ-ด	72	หจ-ด	82	หจ-หจ	92	ด-ด
53	หจ-ด	63	หจ-ด	73	ด-ด	83	ด-หจ	93	หจ-หจ
54	หจ-หจ	64	หจ-หจ	74	หจ-ด	84	หจ-หจ	94	หจ-หจ
55	หจ-ด	65	หจ-ด	75	ด-ด	85	ด-ด	95	หจ-หจ
56	หจ-ด	66	หจ-ด	76	ด-หจ	86	ด-หจ	96	ด-หจ
57	หจ-ด	67	หจ-ด	77	ด-หจ	87	หจ-หจ	97	ด-ด
58	หจ-ด	68	หจ-ด	78	ด-ด	88	ด-หจ	98	ด-หจ
59	หจ-ด	69	หจ-หจ	79	หจ-หจ	89	หจ-หจ	99	หจ-ด
60	หจ-ด	70	หจ-ด	80	หจ-หจ	90	หจ-หจ	100	หจ-ด

๓ = ๖๑๐ ๓๐ = หจ-หจ

อัตราส่วน

รูปแบบการเข้าคู่กัน	แดง - แดง	แดง - ขาว	น้ำเงิน - น้ำเงิน	ขาว - ขาว	น้ำเงิน - ขาว
จำนวนตามผลการทดลอง	25	17	29	29	29
อัตราส่วนอย่างต่ำ*	1	1.4	1.1	1.1	1.1

*อัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนจากการทดลอง

4. ข้อสรุป
ผลการทดลองมี 3 รูปแบบเป็น แดง-แดง แดง-น้ำเงิน น้ำเงิน-น้ำเงิน ซึ่งอัตราส่วนอย่างต่ำเป็น 1 : 1.4 : 1.1 เท่ากับ 1 : 2 : 1

5. ประจักษ์พยาน
ค่าจากผลการทดลองของค่าที่ทดลองได้ 25 : 17 : 29 อัตราส่วนอย่างต่ำคือ 1 : 1.4 : 1.1 เท่ากับ 1 : 2 : 1 มากๆ

ภาพที่ 13 แสดงการระบุประจักษ์พยานที่สนับสนุนข้อสรุปได้ จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน

จากภาพที่ 13 จะสังเกตได้ว่า เมื่อนักเรียนบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครอบคลุมมากเพียงพอ นักเรียนจะสามารถระบุประจักษ์พยานที่นำไปสู่ข้อสรุปของนักเรียนได้ดี อาจจะมีถ้อยคำที่ใช้ได้ไม่สละสลวยมาก แต่เพียงพอที่จะสรุปและสามารถสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้

ชั้นขยายความรู้

เป็นการขยายความรู้ให้กับนักเรียนเพิ่มเติม โดยผ่านการตั้งคำถามและการทำกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งจะต่อเนื่องจากการอธิบายและลงข้อสรุปในขั้นตอนที่ผ่านมา ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 นั้น เนื่องจากมีปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนทำอยู่แล้ว และใช้เวลาค่อนข้างมาก และส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เป็นปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ก็มีเนื้อหาที่ต้องศึกษามาก ต้องใช้เวลาในการศึกษานาน ทำให้เมื่อถึงชั้นขยายความรู้จะเหลือเวลาให้นักเรียนทำกิจกรรมได้น้อยลง เช่น จากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 5 เรื่อง ดีเอ็นเอและยีน มีการขยายความรู้โดยการให้นักเรียนสร้าง

แบบจำลองของ DNA ซึ่งเหลือเวลาให้นักเรียนทำกิจกรรมน้อยมากจึงต้องปรับรูปแบบให้กิจกรรมในขั้นนี้เป็นการบ้านไปแทน

การอ่าน

ขั้นการอ่านเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของตนเองหลังจากที่อธิบายและลงข้อสรุปร่วมกันผ่านคำถามหลัก 2 คำถาม ได้แก่

“แนวคิดของนักเรียนเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มตนเองและต่างกลุ่ม (มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร)” และ

“แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอ้างอิงภายนอก (โดยระบุแหล่งที่มาของข้อมูลอ้างอิง)”

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนพบปัญหาเดียวกัน คือ ในคำถามแรก นักเรียนมักจะเขียนด้วยข้อความง่าย ๆ เช่น เหมือน หรือไม่เหมือน โดยไม่อธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากการสอบถามนักเรียนพบว่า ที่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่อธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรนั้น สามารถสรุปได้ว่า เมื่อทำกิจกรรมในกลุ่มเดียวกัน ผลการทดลองและข้อสรุปก็ควรจะเหมือนกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ซึ่งก็มีวิธีการทำการทดลองหรือศึกษาคล้ายกัน ก็น่าจะให้ผลสรุปที่เหมือนกัน นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มภาระให้กับตัวนักเรียนเองอีกด้วย ดังนั้นจึงไม่เขียนอธิบายเพิ่มเติม ซึ่งอาจทำให้นักเรียนไม่ได้เกิดการสะท้อนความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองอย่างที่ควร แต่ผู้วิจัยถือว่าเป็นสาระสำคัญในกระบวนการจัดการเรียนการสอนมากนัก เพราะยังสามารถเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติมได้

และคำถามที่สอง ที่เป็นการเปรียบเทียบข้อสรุปของตนเองกับแหล่งอ้างอิงภายนอก เช่น หนังสือ ตำรา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่จะตอบด้วยคำสั้น ๆ เช่น เหมือน หรือ แตกต่าง โดยไม่มีการอธิบายเพิ่มเติม และไม่มีการให้แหล่งอ้างอิงของข้อมูลเลย เนื่องจากนักเรียนไม่ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ แต่มักจะเปรียบเทียบกับใบความรู้ และสื่อการเรียนรู้ที่ครูนำมาให้แทน ซึ่งยังไม่เพียงพอในการสะท้อนข้อมูลเพื่อสรุปให้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง

6. การอ่าน	
6.1. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มอื่นหลังจากอภิปราย	6.2. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งที่มาภายนอก (ระบุแหล่งที่มา ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)
เหมือนกัน	ไม่แตกต่าง

ภาพที่ 14 การเปรียบเทียบความคิดของนักเรียนกับแหล่งข้อมูลกับแหล่งอ้างอิงภายนอกที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากไม่ใช่แหล่งข้อมูลอื่นในการอ้างอิง

การสะท้อนความคิด

ขั้นการสะท้อนความคิดเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของนักเรียนเองหลังจากทำการทดลอง ศึกษาและลงข้อสรุปมาแล้ว ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างไปจากเดิมอย่างไร จากการทำการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 แผน พบว่า ในวงรอบปฏิบัติการวงจรที่ 2 นี้ นักเรียนสามารถเขียนการสะท้อนความคิดของตนเองได้ดีขึ้น มีความสัมพันธ์กับคำถามก่อนการทดลองที่ให้นักเรียนระบุสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ (ความรู้เดิม) เกี่ยวกับเรื่องที่ตนเองต้องการศึกษา และมีการอธิบายรายละเอียดมากขึ้น

กิจกรรมที่ 8 เรื่อง โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	
การกำหนดปัญหา/คำถาม	
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้อย่างไร
โอกาสการเข้าคู่กัน ของยีนเป็นอย่างไร ?	อสุจิสำเนา: ทางลักษณะยีนลักษณะ: ต้อง มีใน ๑ : 17

7. การสะท้อนความคิด	
7.1. แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ พร้อมระบุเหตุผล	
ก่อนเรียน: เดิมเป็น ๑ : 1 เดิมมี ๒ สำนั เดิมมี ๒ สำนั ต้องจำในใจที่ 1 สำนั	

ภาพที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ของการตั้งคำถาม ความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการศึกษา (บน) และการสะท้อนความคิดกับตนเองในขั้นการสะท้อนความคิด (ล่าง)

ขั้นประเมินผล

การสรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เขียนสรุป โดยมีองค์ประกอบของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อสรุป ประจักษ์พยาน และความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน ซึ่งผู้สอนได้กำหนดวิธีการเขียนด้วยโครงสร้างตามแบบบันทึกกิจกรรม จากวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ผ่านมา นักเรียนจะสามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้ดีเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีปฏิบัติการทดลองเท่านั้น เมื่อทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้แนะนำในการเขียนสรุปผลการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องและชัดเจนขึ้น ดังนี้

สรุปผลการทดลอง

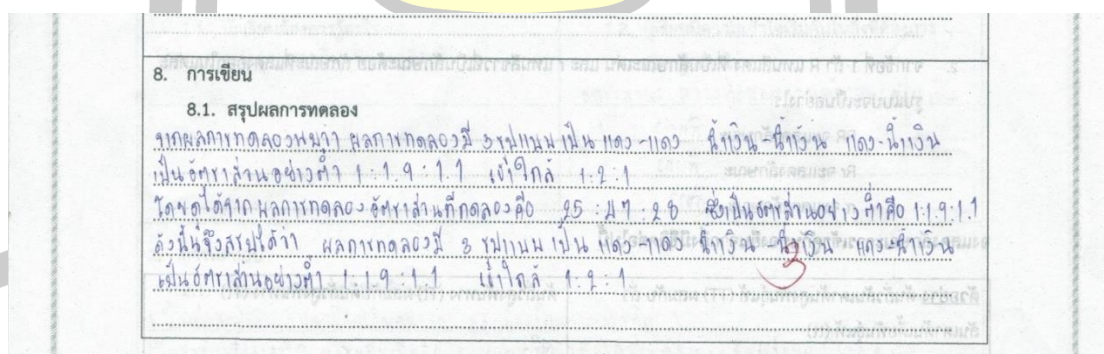
จากผลการทดลองพบว่า.....(ข้อสรุป).....

โดยสังเกตได้จาก.....(ประจักษ์พยาน).....

ดังนั้นจึงทำให้สรุปได้ว่า.....(ข้อสรุปพร้อมอธิบายเพิ่มเติมจากกรออ่าน)

ภาพที่ 16 แสดงรูปแบบในการสนับสนุนการเขียนสรุปผลการทดลอง

ซึ่งพบว่าหลังจากแนะนำให้นักเรียนได้เขียนสรุปผลการทดลองตามรูปแบบนี้แล้ว นักเรียนสามารถเขียนสรุปผลการทดลองของตนเองได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับ การตั้งข้อสรุปและประจักษ์พยานที่ตนเองศึกษาว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความคิดของตนเอง เพื่อแสดงความเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานและข้อสรุปที่ตนเองได้ผ่านการยกตัวอย่าง หรือให้ ข้อมูลประจักษ์พยานมากพอที่จะให้ประจักษ์พยานมีน้ำหนักมากพอที่จะสนับสนุนข้อสรุปของตน ซึ่ง ในการตรวจสอบประจักษ์พยานและข้อสรุปนั้น จำเป็นจะต้องตรวจสอบความถูกต้องจากแหล่งข้อมูล อ่างอิงภายนอกในชั้นการอ่าน เพื่อยกมาเป็นข้อสนับสนุนในการเขียนสรุปผลการทดลองต่อไป



ภาพที่ 17 การเขียนสรุปผลการทดลองที่ดี มีรายละเอียดครบถ้วนทั้งข้อสรุป ประจักษ์พยานที่สนับสนุนข้อสรุปและความเชื่อมโยงจากประจักษ์พยานไปยังข้อสรุป

นอกจากนี้ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มข้อคำถามอื่น นอกเหนือไปจากรูปแบบของแบบ บันทึกกิจกรรมการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนว่ามีความเข้าใจ เพียงใด เช่น คำถามอภิปรายก่อนการทดลอง การอภิปรายหลังการทดลอง และการตอบคำถามที่

ตารางที่ 14 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ตามวงจรปฏิบัติการวิจัยวงรอบที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
การเปรียบเทียบความรู้ (ขั้นการอ่าน)	
-นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับกลุ่มอื่น ๆ -นักเรียนไม่เปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับแหล่งอ้างอิงภายนอก	-จัดเตรียมแหล่งข้อมูลภายนอกสำรองให้กับนักเรียนเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา -มีการให้เชิงอรรถในใบความรู้ที่ครูเตรียมไว้
เวลาและภาระงาน	
-เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมแต่ละขั้นตอนมากเกินไป -ภาระงานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้งมีมากเกินไปทำให้ใช้เวลานาน	-ปรับปรุงเรื่องการบริหารเวลาแต่ละขั้นตอน กิจกรรมให้มีความกระชับมากขึ้น ลดเวลาบางขั้นตอนลง เช่น ชี้นำเข้าสู่บทเรียน -ปรับรูปแบบของภาระให้น้อยลง หรือเขียนอธิบายเพียงสั้น ๆ
การเขียนสรุปผลการทดลอง	
-นักเรียนยังเขียนสรุปผลการทดลองได้ไม่ครอบคลุมเท่าที่ควร	-ปรับปรุงรูปแบบของการเขียนสรุปผลการทดลองให้เข้าใจง่ายมากขึ้น

4.1.3 ผลการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนตามวงจรปฏิบัติการวงรอบ

ที่ 3

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้นำปัญหาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 – 10 ดังตารางที่ 15

การปฏิบัติการวิจัยในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 จำนวน 2 แผนการเรียนรู้ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ความผิดปกติทางพันธุกรรม เวลา 1 ชั่วโมง และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม เวลา 2 ชั่วโมง รวม 2 แผน 3 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยจะทำการนำเสนอผลการทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน คือ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

เมื่อจัดกระบวนการเรียนรู้เสร็จสิ้นทั้ง 2 แผนการเรียนรู้แล้วทำการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ด้วยแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วได้ข้อมูลเป็นเชิงปริมาณแยกตามแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ดังตารางในภาคผนวก ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 15 สรุปรายการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยในวิจัยเชิงปฏิบัติการวงรอบที่ 3

ปัญหา	รายการปรับปรุงเครื่องมือ
การเปรียบเทียบความรู้ (ขั้นการอ่าน) เวลาและภาระงาน การเขียนสรุปผลการทดลอง	เปลี่ยนจากข้อคำถามขั้นการอ่าน ไปเป็นภาระงานบังคับในแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน ลดปริมาณงานในขั้นขยายความรู้ เพิ่มรูปแบบการเขียนสรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 9 – 10

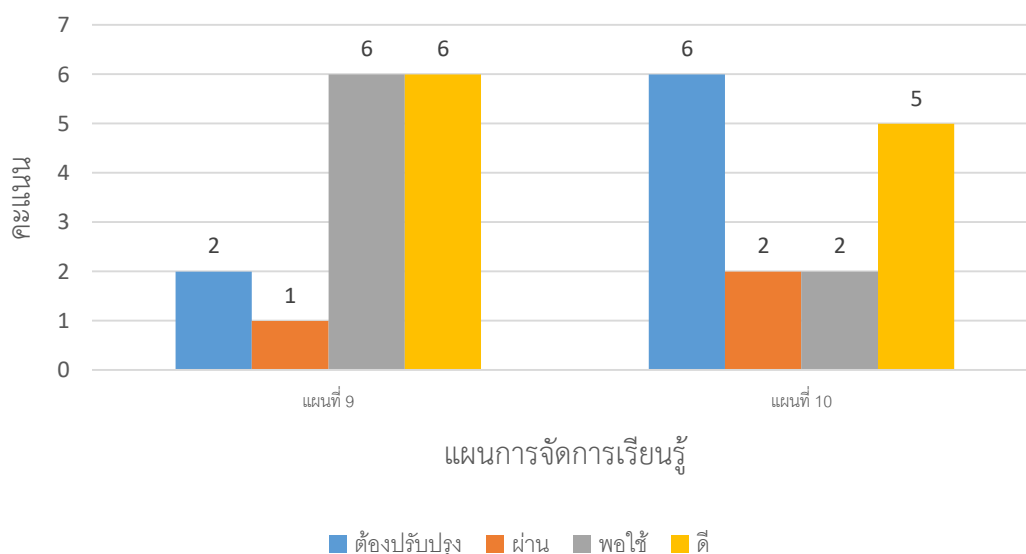
เลขที่	แผนที่ 9		แผนที่ 10	
	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน
1	0	ต้องปรับปรุง	6	ดี
2*	4	พอใช้	1	ต้องปรับปรุง
3	4	พอใช้	4	พอใช้
4	1	ต้องปรับปรุง	0	ต้องปรับปรุง
5	4	พอใช้	2	ผ่าน
6	6	ดี	2	ผ่าน
7	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง
8	4	พอใช้	0	ต้องปรับปรุง
9*	3	ผ่าน	0	ต้องปรับปรุง
10	6	ดี	6	ดี
11	8	ดี	4	พอใช้

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ 9 – 10 (ต่อ)

เลขที่	แผนที่ 9		แผนที่ 10	
	คะแนน	ผลการประเมิน	คะแนน	ผลการประเมิน
12	5	พอใช้	7	ดี
13	7	ดี	6	ดี
14	6	ดี	6	ดี
15	7	ดี	0	ต้องปรับปรุง

* หมายถึงนักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3



ภาพที่ 19 กราฟแสดงผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3

จากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 พบว่ามีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 73.33 และมีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 26.67

ผลการปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้วงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3

หลังจากการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยได้นำปัญหาและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่ได้นำไปใช้ในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 – 10 ให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น และผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยจะขออธิบายตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละขั้น ดังนี้

ก่อนการทดลอง

ขั้นสร้างความสนใจ

ขั้นสร้างความสนใจในแต่ละครั้งจะเริ่มด้วยการทบทวนบทเรียนจากครั้งที่แล้วผ่านการทำ Quiz เพื่อเป็นการนับเวลาเรียนและเก็บคะแนนระหว่างการเรียนรู้ และจะมีสื่อเป็นภาพ วีดีโอ หรือสื่อจากของจริงมาเพื่อสร้างความสนใจของนักเรียน ก่อนจะเริ่มตั้งคำถาม ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด เพื่อชี้ให้นักเรียนรู้ถึงเนื้อหาที่จะทำการเรียนในคาบนั้น ๆ และให้นักเรียนเกิดการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการทราบในขั้นต่อไป ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อคำถาม และสื่อที่ใช้ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น เพิ่มเว็บไซต์ที่ให้นักเรียนทำ Quiz และใช้เวลาให้น้อยลงจนเหลือเวลาในการทำ Quiz ในแต่ละรอบประมาณ 3 – 5 นาที ซึ่งเพียงพอต่อการตอบคำถามของนักเรียน และมีเวลาในกิจกรรมขั้นต่อไปมากขึ้น ด้านตัวนักเรียนเองก็เข้าใจบทบาทของตนเองมากขึ้น เพราะเริ่มคุ้นชิน และเข้าใจขั้นตอน และกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากขึ้น

กำหนดปัญหา / คำถาม

ขั้นการกำหนดปัญหาหรือคำถาม นักเรียนจะทราบแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับเนื้อหาที่จะเรียน จากการนำเข้าสู่บทเรียนในขั้นสร้างความสนใจแล้ว ผ่านการตอบคำถามด้วยคำถามหลัก 3 คำถาม โดยในขั้นนี้มีการปรับปรุงเพิ่มเติมจากปัญหาของวงรอบที่ผ่านมา โดยครูเพิ่มคำถามเข้ามา 1 คำถาม โดยที่ให้นักเรียนร่วมกันตอบ โดยที่ไม่ต้องเขียนลงไปแบบบันทึกกิจกรรม คือ

“นักเรียนคิดว่า จากที่ครูกล่าวมาทั้งหมด นักเรียนคิดว่าเรากำลังจะทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องใด” เพื่อเป็นการร่วมกันกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาในชั่วโมงนั้น ๆ ให้ตรงกันเสียก่อน แล้วจึงตามด้วยคำถามหลัก 3 คำถามที่นักเรียนจะต้องเขียนลงในแบบบันทึกกิจกรรม ได้แก่

“จากข้อสรุปของเราก่อนหน้านี้ นักเรียนต้องการเรียนรู้เรื่องอะไร” – (คำถามหลัก)

“นักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนตั้งคำถามอย่างไร” – (ตรวจสอบความรู้เดิม)

“นักเรียนมีวิธีการทดลอง / ศึกษา อย่างไรเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ” – (อภิปรายการทดลอง / ศึกษา)

ผลปรากฏว่า นักเรียนสามารถตั้งคำถามได้ดีขึ้น มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหา มากขึ้น จะมีปัญหาที่แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมบางส่วน ที่เป็นเรื่อง ไกลตัวนักเรียนและนักเรียนไม่คุ้นชินจึงทำให้นักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ได้ ชัดเจน

กิจกรรมที่ 9 เรื่อง ความผิดปกติทางพันธุกรรม

การกำหนดปัญหา/คำถาม	
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้อย่างไร
ทำไมสัตว์ไม่ผสมประภคณ	เป็นมา

ภาพที่ 20 การตั้งคำถามของนักเรียนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะศึกษา จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ความผิดปกติทางพันธุกรรม

กิจกรรมที่ 9 เรื่อง ความผิดปกติทางพันธุกรรม

การกำหนดปัญหา/คำถาม	
1.1. นักเรียนต้องการรู้อะไร	1.2. ผู้เรียนมีความเข้าใจเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้อย่างไร
ความผิดปกติทางพันธุกรรม เกิดจากอะไร	- การผิดปกติจากยีน

ภาพที่ 21 ตัวอย่างการอธิบายความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนต้องการศึกษา จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ความผิดปกติทางพันธุกรรม

จะสังเกตได้ว่า เมื่อนักเรียนเริ่มเข้าใจขอบเขตของเนื้อหาที่ต้องการจะศึกษาแล้ว นักเรียนจะสามารถตั้งคำถามที่ตนเองต้องการหาคำตอบได้ง่ายขึ้น และจะยิ่งง่ายขึ้นถ้าหากเนื้อหาดังกล่าวเป็นเรื่องที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระบวนการในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนของผู้สอนด้วย

การทดสอบ

ขั้นการทดสอบของแผนการจัดการเรียนรู้ นั้น เมื่อนักเรียนมีความคุ้นชินแล้ว นักเรียนสามารถเขียนวิธีทำการทดลองหรือหาคำตอบในสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ด้วยตนเอง และเขียนด้วยภาษาของตัวเอง แต่สามารถทำให้เข้าใจกระบวนการหาคำตอบได้

2. การทดสอบ

2.1. ขั้นตอนการทดลอง/หาคำตอบ

- เรียงโถงโถงผสมจากไม้ค้อน
- บันทึกผลการทดลอง
- ทดสอบทฤษฎี

ภาพที่ 22 การเขียนขั้นตอนการทดลองหรือศึกษาของนักเรียน ระหว่างการทดลอง

การสังเกต

ขั้นการสังเกตเป็นขั้นตอนที่พบปัญหาน้อยที่สุดในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นการคอยสังเกต และให้คำแนะนำกับนักเรียนที่ทำการทดลองหรือศึกษาเพื่อเขียนผลของการศึกษานั้น ๆ ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง ปัญหาที่พบคือ ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม นักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องนี้เลย เมื่อทำกิจกรรมแล้วจึงเกิดความยากลำบากในการปฏิบัติกิจกรรม ทั้งการสืบค้น การอ่านและการสรุป

หลังการทดลอง

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ข้อสรุป

ในขั้นการสรุป พบว่านักเรียนส่วนมากสามารถเขียนข้อสรุปได้ และมีความสอดคล้องกับคำถามที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ในขั้นแรกมากขึ้น โดยไม่ว่าจะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นปฏิบัติการหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากนักเรียนสามารถตั้งคำถามได้อยู่ภายในกรอบการเรียนรู้ที่ร่วมกันระบุในคำถามแรก และผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มหัวข้อการอภิปรายหลังการปฏิบัติกิจกรรมเข้าไป เพื่อช่วยให้นักเรียนได้ร่วมกันสรุปได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

คำถามอภิปรายหลังการศึกษา

1. หัวข้อที่นักเรียนได้รับคือ เรื่อง คิดค้นยาแก้ไข้ กำเนิดเลือดออกในวงทนต์
2. ในเนื้อหาข่าวมีการกล่าวถึงเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมด้วยวิธี GM0
3. กระบวนการทางเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมดังกล่าวมีขั้นตอนดังนี้
การถอดเอซิ่น ของจีโนมที่สนใจ มาใส่เข้าไปในเซลล์ ของสัตว์ ชนิดนั้น โดยปกติจะไม่เกิดผลจนกว่ามันได้
ในธรรมชาติ เนื่องสิ่งมีชีวิตนั้น ก็มีคุณสมบัติตามตัวเอง

ภาพที่ 23 ตัวอย่างคำถามอภิปรายหลังการศึกษา

4. ข้อสรุป
 ทั่วโลก... จีเอ็มโอ เกิดจากการตัดต่อพันธุกรรม (Gmo's) Genetically Modified organisms

ภาพที่ 24 ตัวอย่างการเขียนข้อสรุปจากการหาคำตอบ

ประจักษ์พยาน

จากการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ความผิดปกติทางพันธุกรรมนั้น นักเรียนสามารถชี้ให้เห็นถึงประจักษ์พยานที่นำไปเป็นข้อสรุปได้เป็นอย่างดี แต่ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม พบว่า นักเรียนสามารถชี้ให้เห็นถึงประจักษ์พยานได้ แต่ยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง อาจเนื่องจากเพราะเนื้อหาเป็นเรื่องค่อนข้างไกลตัวนักเรียน จึงไม่สามารถอธิบายความเชื่อมโยงของประจักษ์พยานไปยังข้อสรุปของตนเองได้

4. ข้อสรุป
 โลกนี้ปลอดภัย... จีเอ็มโอ เกิดจากการตัดต่อพันธุกรรม x เกินมา 1 เก่ง กู้ ๒๖

5. ประจักษ์พยาน
 ดูได้จากผลการทดลอง โลกนี้ปลอดภัย... จีเอ็มโอ ลักษณะ: ง่ายต่อการกินและรสชาติดี แต่ก่อนที่ปลูก
 เกษมนักปลูกพืชสวนคือ ครู อาน มีคุณวอน

ภาพที่ 25 แสดงการระบุประจักษ์พยานของนักเรียน จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9
 ความผิดปกติทางพันธุกรรม

ชั้นขยายความรู้

เป็นการขยายความรู้ให้กับนักเรียนเพิ่มเติม โดยผ่านการตั้งคำถามและการทำกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งจะต่อเนื่องจากการอธิบายและลงข้อสรุปในขั้นตอนที่ผ่านมา ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 นั้น มีการปรับเปลี่ยนภาระงานของนักเรียนให้น้อยลง จึงจะเน้นการขยายความรู้โดยการให้นักเรียนตอบคำถามมากกว่า พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้อง ครบถ้วนดี

การอ่าน

ชั้นการอ่านเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของตนเองหลังจากที่อธิบายและลงข้อสรุปพร้อมกันผ่านคำถามหลัก 2 คำถาม ได้แก่

“แนวคิดของนักเรียนเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มตนเองและต่างกลุ่ม (มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” และ

“แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอ้างอิงภายนอก (โดยระบุแหล่งที่มาของข้อมูลอ้างอิง)

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนพบปัญหาเดียวกัน คือ ในคำถามแรกนักเรียนมักจะเขียนด้วยความง่าย ๆ เช่น เหมือน หรือไม่เหมือน โดยไม่อธิบายเพิ่มเติมว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จากการสอบถามนักเรียนพบว่า ได้รับเหตุผลคล้ายกับปัญหาในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 คือ ถ้าเขียนอธิบายเพิ่ม ก็เป็นเหมือนการเขียนสิ่งที่ได้จากการศึกษาซ้ำอีกครั้ง ซึ่งนักเรียนมองว่าเป็นภาระที่เพิ่มขึ้น และต้องใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น นักเรียนจึงไม่เขียนอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติม แต่จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แล้วพอจะอนุมานได้ว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ได้เรียนไป สังเกตได้จากการเขียนสรุปในหัวข้อที่ผ่านมา

และคำถามที่สอง ที่เป็นการเปรียบเทียบข้อสรุปของตนเองกับแหล่งอ้างอิงภายนอก เช่น หนังสือ ตำรา ในขั้นตอนนี้ได้มีการปรับปรุงวิธีการให้นักเรียนได้เขียนและอ่านเปรียบเทียบความคิดตนเองกับความรู้แหล่งภายนอกมากขึ้น โดยการจัดเป็นส่วนหนึ่งของชั้นขยายความรู้ โดยเพิ่มข้อคำถามลงในแบบฝึกหัด เพื่อให้นักเรียนต้องหาเนื้อหามาใช้ในการอ้างอิงที่ไม่ซ้ำกับแหล่งเรียนรู้ที่ครูเตรียมมา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ เริ่มให้ความร่วมมือดีในการปฏิบัติการวงรอบที่ 3 นี้ นักเรียนสามารถเขียนการสะท้อนความคิดของตนเองได้ดีขึ้น มีความสัมพันธ์

7. ให้นักเรียนลงสืบค้นข่าวเกี่ยวกับเทคนิควิธีการทางพันธุวิศวกรรมโดยระบุหัวข้อข่าว และที่มาของข่าวอย่างน้อย 1 ข่าว
- 11 ก.ย. 2562 คอลงกัศ ทอม-ดี-ทีดี-เก่ง ไม่ถ่าทอตทงพันธุกรรม
thairath.co.th <https://www.thairath.co.th/news/local/140480>

ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบความคิดของตนเองกับแหล่งข้อมูลภายนอกในชั้นขยายความรู้จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม

การสะท้อนความคิด

ชั้นการสะท้อนความคิดเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เปรียบเทียบความคิดของนักเรียนเองหลังจากทำการทดลอง ศึกษาและลงข้อสรุปมาแล้ว ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันไปจากเดิมอย่างไร จากการทำการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผน พบว่า ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 นี้ นักเรียนสามารถเขียนการสะท้อนความคิดของตนเองได้ดีขึ้น มีความสัมพันธ์

กับคำถามก่อนการทดลองที่ให้นักเรียนระบุสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ (ความรู้เดิม) เกี่ยวกับเรื่องที่ตนเองต้องการศึกษา และมีการอธิบายรายละเอียดมากขึ้น

7. การสะท้อนความคิด
7.1. แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ พร้อมระบุเหตุผล <input checked="" type="checkbox"/>
เปลี่ยนไป เพราะเข้าใจการของโรค และลักษณะของโรคมากขึ้น

ภาพที่ 27 แสดงการระบุรายละเอียดของความรู้ที่เปลี่ยนไปของนักเรียน

ขั้นประเมินผล

การสรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองเป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้เขียนสรุป โดยมีองค์ประกอบของการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ข้อสรุป ประจักษ์พยาน และความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน ผู้วิจัยได้ทำการเสนอรูปแบบที่ช่วยในการเขียนสรุปผลการทดลองของนักเรียนไปแล้วในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 นั้น แต่ยังมีปัญหาที่ข้อสรุปและประจักษ์พยานของนักเรียนนั้นยังไม่ชัดเจนมากพอ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยเพิ่มให้มีส่วนการอภิปรายผลหลังการศึกษา เป็นข้อความในให้นักเรียนตอบคำถามง่าย ๆ เกี่ยวกับสิ่งที่ลงมือศึกษา ดังที่แสดงตัวอย่างในภาพที่ 23 ไปแล้วนั้น พบว่าสามารถช่วยให้นักเรียนได้ข้อสรุปและประจักษ์พยานที่ชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น เพื่อให้ก็นำข้อสรุปและประจักษ์พยานนั้นมาใช้เขียนสรุปในขั้นการเขียนสรุปผลการทดลอง และแนะนำรูปแบบการเขียนสรุปผลการทดลองให้กับนักเรียน พบว่าหลังจากแนะนำให้นักเรียนได้เขียนสรุปผลการทดลองตามรูปแบบนี้แล้ว นักเรียนสามารถเขียนสรุปผลการทดลองของตนเองได้ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

พหุ ประถมศึกษา

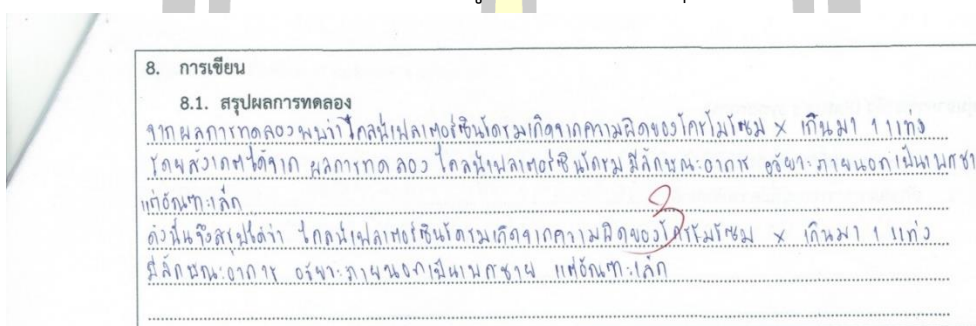
สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า.....(ข้อสรุป).....

โดยสังเกตได้จาก.....(ประจักษ์พยาน).....

ดังนั้นจึงทำให้สรุปได้ว่า....(ข้อสรุปพร้อมอธิบายเพิ่มเติมจากการอ่าน)

ภาพที่ 28 ตัวอย่างรูปแบบการเขียนสรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 29 การเขียนสรุปผลการทดลองจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ความผิดปกติทางพันธุกรรม

จากการวิเคราะห์กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ทั้ง 2 แผนในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 นั้น เมื่อทำการสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้แล้ว มีปัญหาที่พบมาจากการร่วมมือทำกิจกรรมของนักเรียนในบางแผนการเรียนรู้ และการใช้เวลาในแต่ละชั้น ซึ่งจะนำปัญหาและข้อเสนอแนะไปใช้ในการปรับปรุงพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้นในวงรอบถัดไป

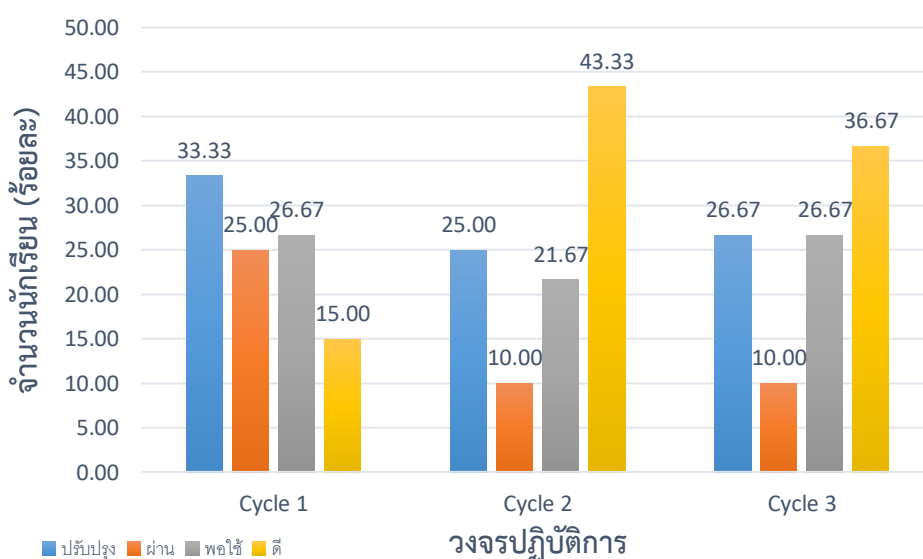
สภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไข

จากการเดินการตามแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 9 – 10 แล้ว ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม การสัมภาษณ์นักเรียน แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ บันทึกหลังการสอนของครู และจากการสะท้อนผลการจัดกิจกรรมจากนักเรียนแล้ว พบปัญหาแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในวงจรปฏิบัติการวงรอบถัดไป ซึ่งสามารถแยกตามประเด็นต่าง ๆ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 แสดงปัญหาและแนวทางการแก้ไขจากการสะท้อนผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตาม
วงจรปฏิบัติการวิจัยวงรอบที่ 2

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
การเปรียบเทียบความรู้ (ขั้นการอ่าน)	
-นักเรียนส่วนใหญ่ไม่เปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับกลุ่มอื่น ๆ	-จัดเตรียมแหล่งข้อมูลภายนอกสำรองให้กับนักเรียนเพื่อให้ง่ายต่อการค้นหา
-นักเรียนไม่เปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับแหล่งอ้างอิงภายนอก	-ปรับกิจกรรมในชั้นขยายความรู้ให้นักเรียนต้องสืบค้นเพิ่มเติมทุกครั้ง
การบริหารเวลา	
-การใช้เวลาในแต่ละขั้นมากเกินไป	-ปรับเวลาในแต่ละขั้นลง -ปรับภาระงานให้น้อยลง
การทำกิจกรรมของนักเรียน	
-นักเรียนบางส่วนมีปัญหาเกี่ยวกับการอ่านโจทย์และแหล่งข้อมูลที่ให้สืบค้น	-ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม หรือจับคู่ทำงาน

จากข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการสามารถสรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 30 กราฟเปรียบเทียบผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ

จากภาพที่ 30 พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการ 3 วงรอบ จำนวน 10 แผนการเรียนรู้ รวม 18 ชั่วโมง จะเห็นว่าวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดร้อยละ 75 ซึ่งสูงที่สุดในทุกวงจรปฏิบัติการ และวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงมากที่สุด ที่ร้อยละ 33.33 ซึ่งผู้วิจัยจะได้อภิปรายผลการทดลองในบทต่อไป



บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาและสรุปผลการวิจัย ดังนี้

5.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายวิจัยเพื่อเพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้รับการจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 15 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จำนวน 10 แผน รวม 15 ชั่วโมง แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.2 สรุปผลการทดลอง

ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 1 นักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 66.67 และนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 33.33

ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 2 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 75 และนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 25

ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดเป็นร้อยละ 73.33 และมีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 26.67

สรุปรวมทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ พบว่า ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดร้อยละ 75 ซึ่งสูงที่สุดในทุกวงจรปฏิบัติการ และวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงมากที่สุด ที่ร้อยละ 33.33

5.3 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายวิจัยเพื่อพัฒนาการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ ที่ได้รับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้เป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

จากการจัดการเรียนรู้ตามวงจรปฏิบัติการทั้ง 3 วงรอบ พบว่า ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงรอบที่ 3 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปคิดร้อยละ 75 ซึ่งสูงที่สุดในทุกวงจรปฏิบัติการ และวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต้องปรับปรุงมากที่สุด ที่ร้อยละ 33.33 จากข้อสรุปดังกล่าวจะสังเกตได้ว่า มีหลายปัจจัยที่ทำให้ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับต้องปรับปรุง

ประการแรก ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เป็นปฏิบัติการทดลองนักเรียนบางส่วนไม่สามารถทำการสรุปผลการทดลองได้ ทำให้ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับต้องปรับปรุงถึงร้อยละ 33.33 ในวงรอบที่ 1 ซึ่งอาจเกิดจากการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ไม่เป็นปฏิบัติการทดลอง ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่มีกิจกรรมการปฏิบัติการทดลองถึง 2 แผนการเรียนรู้ เนื่องจากรูปแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้เป็นการเรียนรู้แบบสืบเสาะตามแนวคิดการสร้างสรรค์ความรู้ที่ประกอบด้วยการลงมือปฏิบัติการ (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2544) และสร้างองค์ความรู้ ซึ่งเป็นข้อสรุปของตนเองผ่านกิจกรรมการสังเกต การตั้งคำถาม (กรมวิชาการ, 2546) นอกจากนี้ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ยังเป็นวิธีที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ เพื่อสรุปข้อเท็จจริงตามทฤษฎี (ชูศักดิ์ เปลี้นนุ, 2551) แต่หากนักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติ ไม่ได้ใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลหาทไพบูลย์, 2540) เช่น การตั้งคำถาม อันเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูควรจะช่วยตั้งคำถามเป็นแนวทางให้กับนักเรียนได้ต่อยอดคำถามของครู นำไปสู่ความสงสัยของตนเอง และทำการตั้งคำถาม วางแผนหาวิธีการในการหาคำตอบ จนถึง

การทดลองปฏิบัติได้ คำถามนั้นควรเป็นคำถามที่อยู่ในระดับ การนำไปใช้ (Application) ของระดับ คำถามของการใช้ความคิดในพุทธพิสัย (Cognitive Domain) ตามแนวคิดของ Benjamin S. Bloom (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2544) เมื่อคำถามในการนำเข้าสู่บทเรียนของครูยังไม่เพียงพอที่จะให้นักเรียน ตั้งคำถามด้วยตัวเองจนนำไปสู่การทดลองปฏิบัติ นักเรียนก็จะไม่สามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะหา คำตอบของตนเองได้ การสืบเสาะความรู้นั้นก็ไร้ความหมาย เพราะนักเรียนไม่ได้ทำการสืบเสาะ ความรู้ด้วยตนเอง การทดลองปฏิบัติการแบบดั้งเดิมที่เป็นการทดลองเพื่อยืนยันข้อเท็จจริงตาม แนวทางที่มีผู้กำหนดให้ ผู้เรียนมักจะไม่ได้รับประสบการณ์ของภาวะไม่สมดุล เพราะผู้เรียนไม่ได้ใช้ โครงสร้างทางปัญญาของตนเองในการคาดคะเน เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนสังเกตเห็น (พิมพ์พันธ์ เตชะ คุปต์, 2544) ทำให้นักเรียนไม่สามารถระบุข้อสรุป ประจักษ์พยาน และความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุป และประจักษ์พยานได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในวงจร ปฏิบัติการวงรอบที่ 1 นั้นอยู่ในระดับต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่าการตั้งคำถามนั้นมีส่วนสำคัญเป็นอย่างมาก ต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้ ผลดังกล่าวสอดคล้องกับข้อค้นพบของ กิตติชัย สุชาติโนบล (2558) ที่ ทำการศึกษาเรื่อง ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามของครูที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมการกลุ่ม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ ปรับแก้ของนักเรียน คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับแก้ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม หลัง การทดลองสูงกว่ากลุ่ม ควบคุม ทั้งในภาพรวมและในรายสมรรถภาพย่อย

ประการที่สอง คือ รูปแบบการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากสภาพบริบทของนักเรียน กลุ่มเป้าหมายของโรงเรียนหนองอารีพิทยา ที่ยังไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบอื่น ๆ นอกจากการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบดั้งเดิม ที่ไม่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้เมื่อเปลี่ยนวิธีการสอน ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ลงมือ ทดลอง ปฏิบัติการ สืบเสาะค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนจึง สับสนและขาดความมั่นใจในการลงมือปฏิบัติกิจกรรม อีกทั้งรูปแบบการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ เป็น การเขียนเพื่อการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ทำให้การวัดผลในช่วงแรกอาจจะยังไม่เป็นที่น่าพอใจ แต่ ภายหลังนักเรียนเริ่มมีการปรับตัวให้ชินกับกระบวนการเรียนรู้ที่เปลี่ยนไป ทำให้ระดับการเขียนของ นักเรียนมีการพัฒนาสูงขึ้น ได้เรียนรู้ด้วยวิธีการใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ ได้สืบเสาะหาความรู้โดย การต่อร่องทางความคิด โดยเริ่มจากกระบวนการตั้งคำถาม เขียนข้อสรุปของข้อคำถามนั้น และลงมือ หาประจักษ์พยานเพื่อนำมาเป็นข้อสนับสนุนข้อสรุปของตัวนักเรียนเอง (Hand, Wallace, & Yang, 2004) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Keles (2016) ที่ศึกษาเรื่อง “ผลของเทคนิคการเขียน เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนด้วยวิธีการเรียนรู้ แบบต่อเนื่องหลายวิธี” พบว่า การสอนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ (SWH) ส่งผลทางบวก

กับความเข้าใจของนักเรียนในการเรียนต่อเนื่องหลาย และ งานวิจัยยังชี้ให้เห็นประโยชน์ในทางปฏิบัติ ว่ากลยุทธ์นี้ส่งเสริมการโต้เถียงทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ และ ภาษาอย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลมาจากการมีการสื่อสารและความเข้าใจที่ดีขึ้น และถ่ายโอนสิ่ง เหล่านี้ผ่านการเขียนสรุปผลการทดลอง ซึ่งส่งผลต่อระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ผล การศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับ ข้อค้นพบจากการศึกษาของ Hand, Wallace, & Yang, (2004) ที่ ศึกษาเรื่อง “การใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเรียนรู้จากกิจกรรมใน ห้องปฏิบัติการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 : ในด้านเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ” ในงานวิจัย ชี้นี้ศึกษานักเรียนห้องเรียนชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเปรียบเทียบกิจกรรมการทดลองแบบ ดั้งเดิมและการทดลองแบบ SWH ผลการวิจัยชี้ว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์จะมีการเรียนรู้ที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียนด้วยเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

จะเห็นว่าประเด็นเรื่องการตั้งคำถามและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เป็นปฏิบัติการทดลอง เป็นปัญหาสำคัญของการจัดกระบวนการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวรอบที่ 1 ซึ่งนำไปสู่การปรับ กระบวนการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการวรอบที่ 2 โดยผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มคำถามในชั้นสร้างความสนใจ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการศึกษาภายใต้กรอบการเรียนรู้เดียวกัน เพราะการตั้ง คำถามเป็นกุญแจสำคัญในการสืบเสาะแสวงหาความรู้ (Bennett & Bloom, 1979) คำถามจึงเป็น หัวใจของกระบวนการสืบเสาะด้วย ซึ่งต้องกระทำอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากการเริ่มต้นด้วยคำถาม ที่สามารถหาคำตอบได้ ร่วมออกแบบกระบวนการดำเนินการ จัดประเภทและลำดับความสำคัญของ หลักฐาน สร้างคำอธิบาย ให้เหตุผลเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้วิทยาศาสตร์ การสื่อสารและประเมิน คำอธิบาย ดังนั้น คำถามสำหรับการสืบเสาะต้องเป็นคำถามที่สามารถนำไปสู่การสร้างคำอธิบายหรือ คำตอบได้ คำถามจึงเปรียบเป็นตัวขับเคลื่อนกิจกรรมการสืบเสาะ (National Research Council, 2000a, 2000b) ซึ่งกระบวนการสืบเสาะดังกล่าว สอดคล้องกับการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบ สืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ที่เน้นให้ผู้เรียนรู้จักกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง อธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหลัก ซึ่งสอดคล้องกับหลักการ กฎ ทฤษฎี ข้อสรุป หรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้น รวมทั้งสามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Yore, Bisanz, & Hand, 2003) ส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ใน ระดับผ่านขึ้นไป การนำเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ถูกนำมาใช้ร่วมกับการเรียนรู้แบบ สืบเสาะเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่เป็นปฏิบัติการทดลองโดยการบูรณาการการใช้ภาษาเพื่อการ เรียนรู้และการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Keys, Hand, Prain, & Collins, 1999) เพื่อให้นักเรียนได้สืบ เสาะหาความรู้โดยการต่อรองทางความคิด โดยเริ่มจากกระบวนการตั้งคำถาม เขียนข้อสรุปของข้อ คำถามนั้น และลงมือหาประจักษ์พยานเพื่อนำมาเป็นข้อสนับสนุนข้อสรุปของตัวนักเรียนเอง (Hand et al., 2004) ในขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนจะได้ตอบข้อคำถาม ต่าง ๆ ผ่านรูปแบบการ

เขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่เป็นแนวทางให้การพัฒนาความเข้าใจ ทำให้นักเรียนสามารถเขียนข้อสรุปที่ถูกต้องได้ (Rapanta, 2019) เมื่อนักเรียนได้พัฒนาการตั้งคำถามที่นักเรียนต้องการจะเรียนรู้ (Big idea) ของตนเองแล้ว จะขับเคลื่อนให้การปฏิบัติการทดลองมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยจะส่งผลต่อการเขียนการสร้างประจักษ์พยาน (ผลการทดลอง) ที่นักเรียนรวบรวมได้จากการปฏิบัติการทดลองเพื่อเขียนเป็นข้อสรุป และใช้ประจักษ์พยานนั้นเป็นเหตุผลสนับสนุนข้อสรุปของตนเองได้ดีขึ้น (Akkus, Gunel, & Hand, 2007) ดังนั้น เมื่อนักเรียนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะเรียนรู้ได้ดีแล้ว ก็จะทำให้นักเรียนสามารถเขียนข้อสรุปและประจักษ์พยานถูกต้อง และนำไปสู่สรุปผลการทดลองที่ถูกต้อง จึงเป็นเหตุผลที่ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่อยู่ในระดับผ่านขึ้นไปสูงขึ้นถึงร้อยละ 75 สอดคล้องกับการศึกษาของ Chin 2006 จะเห็นว่าคำถามมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการคิด การสื่อสาร และการปฏิบัติการในชั้นเรียน กระตุ้นให้กิจกรรมการสืบเสาะดำเนินไปอย่างมีความหมาย ครูสามารถใช้คำถามเร้าให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ ซึ่งช่องให้พวกเขาเห็นประเด็นที่ยังไม่เข้าใจ กำหนดแผนการดำเนินการทดลอง Chin (2006) ของ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2561) ที่ทำการศึกษาเรื่อง คำถามทางวิทยาศาสตร์ : จะฝึกนิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้อย่างไร อภิปรายความสำคัญของการตั้งคำถามไว้ว่า คำถามที่ดีควรจะทำให้สามารถออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบได้เพื่อตอบคำถามที่ตนเองสร้างขึ้น

จากผลการวิจัยในวงรอบที่ 3 จะพบว่าจำนวนนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับต้องปรับปรุงเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 25 เป็นร้อยละ 26.67 โดยเฉพาะในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่องเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม มีนักเรียนที่มีระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ที่ระดับต้องปรับปรุงถึงร้อยละ 40 ผู้วิจัยคิดว่าอาจเกิดจากเพราะเรื่องดังกล่าวเป็นเรื่องที่ไกลตัวนักเรียนมาก ทำให้นักเรียนไม่มีความรู้เดิม การที่นักเรียนไม่สามารถระบุนำความรู้เดิมของนักเรียนได้นั้น หมายถึงนักเรียนไม่ได้มีการเปรียบเทียบความรู้ของตนเองในปัจจุบันกับความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว นักเรียนจึงไม่ทราบว่าต้องตั้งคำถามอย่างไร ดังที่ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการวิจัยในวงจรรอบปฏิบัติการวงรอบที่ 1 และ 2 แล้ว จะเห็นว่า เมื่อผู้เรียนไม่สามารถตั้งคำถามที่ต้องการจะเรียนรู้ได้ ก็ไม่สามารถหาข้อสรุปที่ถูกต้องได้ และไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานกับข้อสรุปของผู้เรียนอันจะส่งผลต่อการรู้คิดของนักเรียน สอดคล้องกับการศึกษาวิจัยของ Avci (2014) ที่ทำการศึกษาเรื่อง ผลของการใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาปฏิบัติการทั่วไปทางฟิสิกส์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่มีการใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการสะท้อนความคิดจากการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสะท้อนความคิดจากการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในวงจรรอบปฏิบัติการวงรอบที่ 3 นี้ ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจึงลดลง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่มีหลายขั้นตอน ดังนั้นควรวางแผนเรื่องการใช้เวลาในการสอนแต่ละขั้นตอนเป็นอย่างดี

5.4.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นปฏิบัติการ ดังนั้น ควรพยายามจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้งให้เป็นรูปแบบปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2546). เอกสารประกอบหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้
กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ:
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กิติพัฒน์ นนทปัทมะดุลย์. (2554). การวิจัยเชิงคุณภาพในสวัสดิการสังคม : แนวคิดและวิธีวิจัย (2nd
ed.). กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- กฤษณี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ. (2552). สุดยอดการสอนวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การจัดการเรียนรู้ของ
ครูยุคใหม่. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- กุลธิดา สายพรหม. (2555). การสื่อสารวิทยาศาสตร์ในรายการโทรทัศน์กับการมีเจตคติต่อ
วิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.
- โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการ
ประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียม
ทางการศึกษา. 924 ถนนสุขุมวิท แขวงพระโขนง เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110: บริษัท ซัค
เซสพับลิเคชั่น จำกัด.
- ชูศักดิ์ เปลี่ยนภู. (2551). หลักการเรียนการสอนช่วงอุตสาหกรรม หลักการสอนภาคปฏิบัติ (1st ed.).
กรุงเทพฯ: เอ็ดดิสัน เพรสโปรดักส์.
- ดวงใจ บุญประคอง. (2549). การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องการดำรงพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียน
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- เดชทัต เรื่องธรรม. (2559). SWH การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์. รอบรู้วิทย์, 203(45), 7–13.
- ทิตนา แฉมมณี. (2553). รูปแบบการเรียนการสอน : ทางเลือกที่หลากหลาย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์
จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น (10th ed.). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด, สมนึก ภัททิยธนี, สมบัติ ท้ายเรือคำ, & ประวีต เอรารวรรณ์. (2558). พื้นฐานการ
วิจัยการศึกษา (7th ed.). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.
- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2540). ปทานุกรมการวิจัย (4th ed.). กรุงเทพฯ: คณะสังคมศาสตร์และ
มนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2550). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ชั้น. วารสารวิชาการ, 10(4),
25–30.

- ปรียาภรณ์ ทองมาก. (2537). การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เคยเรียนและไม่เคยเรียนใน รายวิชาเลือกเสรีที่เกี่ยวกับ การทำโครงการ วิทยาศาสตร์ (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่).
<https://doi.org/http://search.lib.cmu.ac.th/search/?searchtype=&searcharg=b1138204>
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์. (2544). การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1. กรุงเทพมหานคร: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). แนวทางการสอนวิทยาศาสตร์ (2nd ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2556). ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. ๒๕๕๔ เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา ๗ รอบ ๕ ธันวาคม ๒๕๕๔. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- ล้วน สายยศ, อ. ส. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (2nd ed.). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลือชา ลดาชาติ, ลฎาภา สุทธกุล, ชาตรี ฝายคำตา. (2556). ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างการส่งเสริมการเรียนการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ภายนอกและภายในประเทศไทย. *วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์*, 2(34), 269–282.
- ลือชา ลดาชาติ และ ลฎาภา สุทธกุล. (2556). การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารมหาวิทยาลัยนเรศวร: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 3(21), 107–123.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2550). การพัฒนารูปแบบการสอนอ่านจับใจความด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดโดยใช้สมองเป็นฐาน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 2(1), 22–32.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2554). การออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบแนวคิดแบบ Back ward design. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- วิโรจน์ ลิวคงสถาพร. (2552). การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์. *รอบรู้วิทยาศาสตร์*, 37(159), 68–69.
- วีณา ประชากุล และ ประสาท เนื่องเฉลิม. (2554). รูปแบบการเรียนการสอน (2nd ed.). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศรันย์ อัมระนันท์, กิตติมา พันธุ์พุกษา, ภัทรกร ชัยประเสริฐ, ธ. ล. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.

วารสารศึกษาศาสตร์, 2(26), 56–70.

ศักดิ์ สุนทรเสถณี. (2531). *เจตคติ* (1st ed.). กรุงเทพฯ: ดีดี บุกส์ไตร์.

ศิริโรจน์ เตชะแก้ว, สิริินภา กิจเกื้อกูล, แอ. อ. บ. (2560). การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท และระบบโครงร่างและการเคลื่อนไหว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับทาง. *การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17*, 48–59. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

สกนธ์ชัย ชะขุนันท์. (2557). การเขียนเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ : บทวิพากษ์เชิงทฤษฎีและแนวปฏิบัติในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 4(16), 200–211.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). *การจัดการกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2560). *การวัดผลการศึกษา* (11th ed.). กทม. : โรงพิมพ์ประสานการพิมพ์.

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2546). *แนวทางการประเมินผลด้วยทางเลือกใหม่ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2551). *แนวทางการบริหารจัดการหลักสูตรตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (2nd ed.; โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, Ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สุรจิตา เศรษฐภูภักดี. (2547). *ผลการเรียนรู้ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้* (2nd ed.). กรุงเทพฯ: เจอเนอร์ลบุ๊กส์ เซนเตอร์.

อรพินท์ ซีนชอบ. (2549). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา. *วารสารหลักสูตรและการสอน*, 1, 37–44.

อัญชกร นนทโคตร. (2549). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ เรื่องประวัติศาสตร์สมัยสุโขทัย ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้ตามคู่มือครู*. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อัญชลี นพภาคย์. (2543). *การพัฒนาแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- อาทิตยา จิตรธีรเอื้อเฟื้อ. (2561). คำถามทางวิทยาศาสตร์ : จะฝึกนิสิตครูตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ดีได้อย่างไร. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 1(9), 103–117.
- Akkus, R., & Hand, B. (2007). *The professional development of mathematics teachers View project*. <https://doi.org/10.1080/09500690601075629>
- Avci, D. (2014). THE EFFECTS OF SCIENCE WRITING HEURISTIC ON PRE-SERVICE TEACHERS' ACHIEVEMENT AND SCIENCE PROCESS SKILLS IN GENERAL PHYSICS LABORATORY COURSE. *Pakistan Journal of Statistics*, 30(6), 1321–1336.
- Bonwell, C., & Eison, J. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. 1991 ASHE-ERIC Higher Education Reports*.
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1032–1038. <https://doi.org/10.1021/ed083p1032>
- Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issues in high school genetics. *Research in Science Education*, 40(2), 133–148. <https://doi.org/10.1007/s11165-008-9104-y>
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*. <https://doi.org/10.1080/03057268608559933>
- Drobitsky, T. (2015). *Using Science Writing Heuristics to Increase Conceptual Understanding of Properties of Matter and Property Changes with 8th Grade Students*. Arizona State University.
- Erkol, M., Kişoğlu, M., & Büyükkasap, E. (2010). The effect of implementation of science writing heuristic on students' achievement and attitudes toward laboratory in introductory physics laboratory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2310–2314. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.327>
- Farrell, J. J., Moog, R. S., & Spencer, J. N. (1999). A Guided Inquiry General Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 76(2–4), 570–574. <https://doi.org/10.1021/ed076p570>
- Fetterly, B., Poock, J. R., & Greenbowe, T. J. (n.d.). *Implementing the Science Writing*

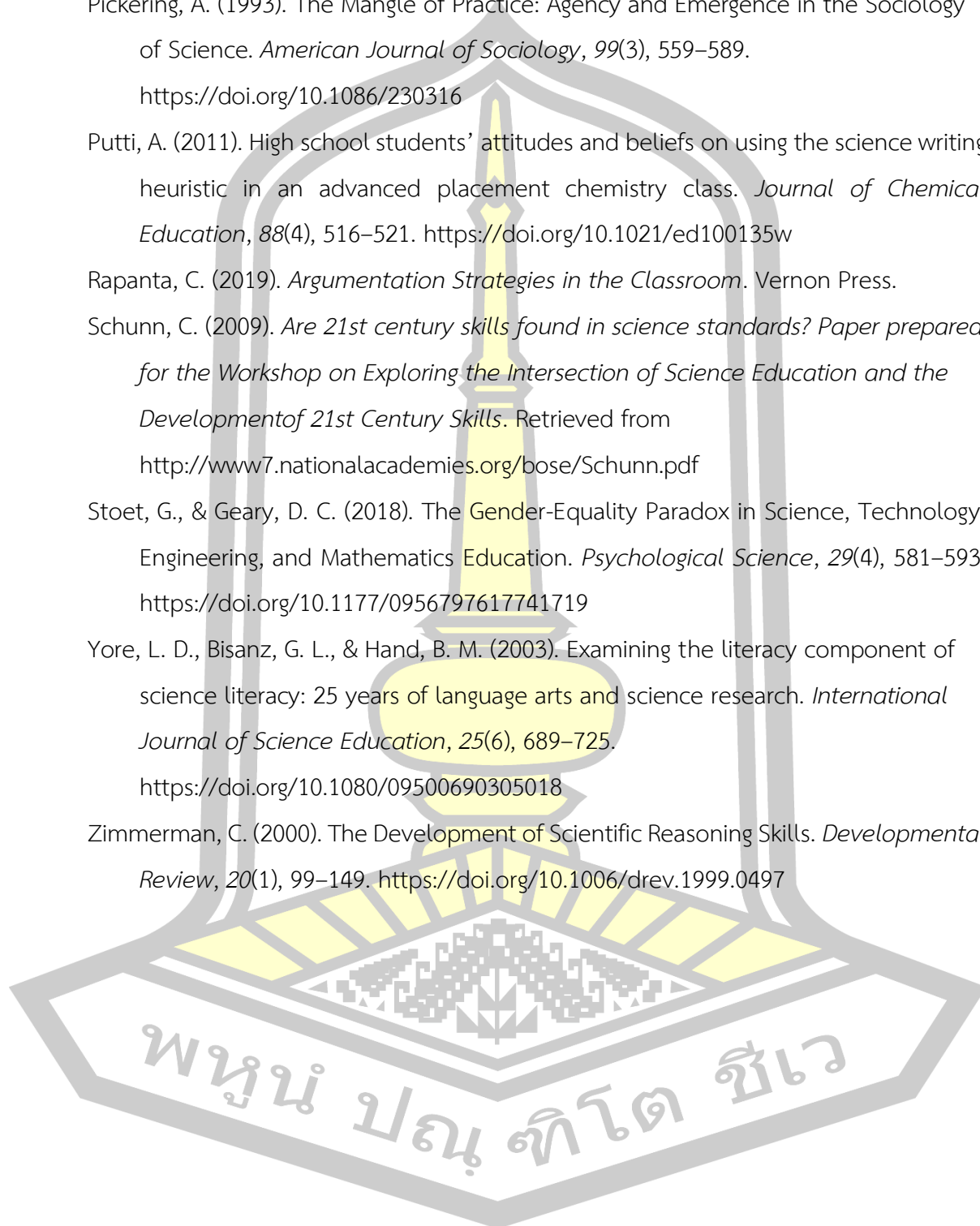
Heuristic (SWH) Approach.

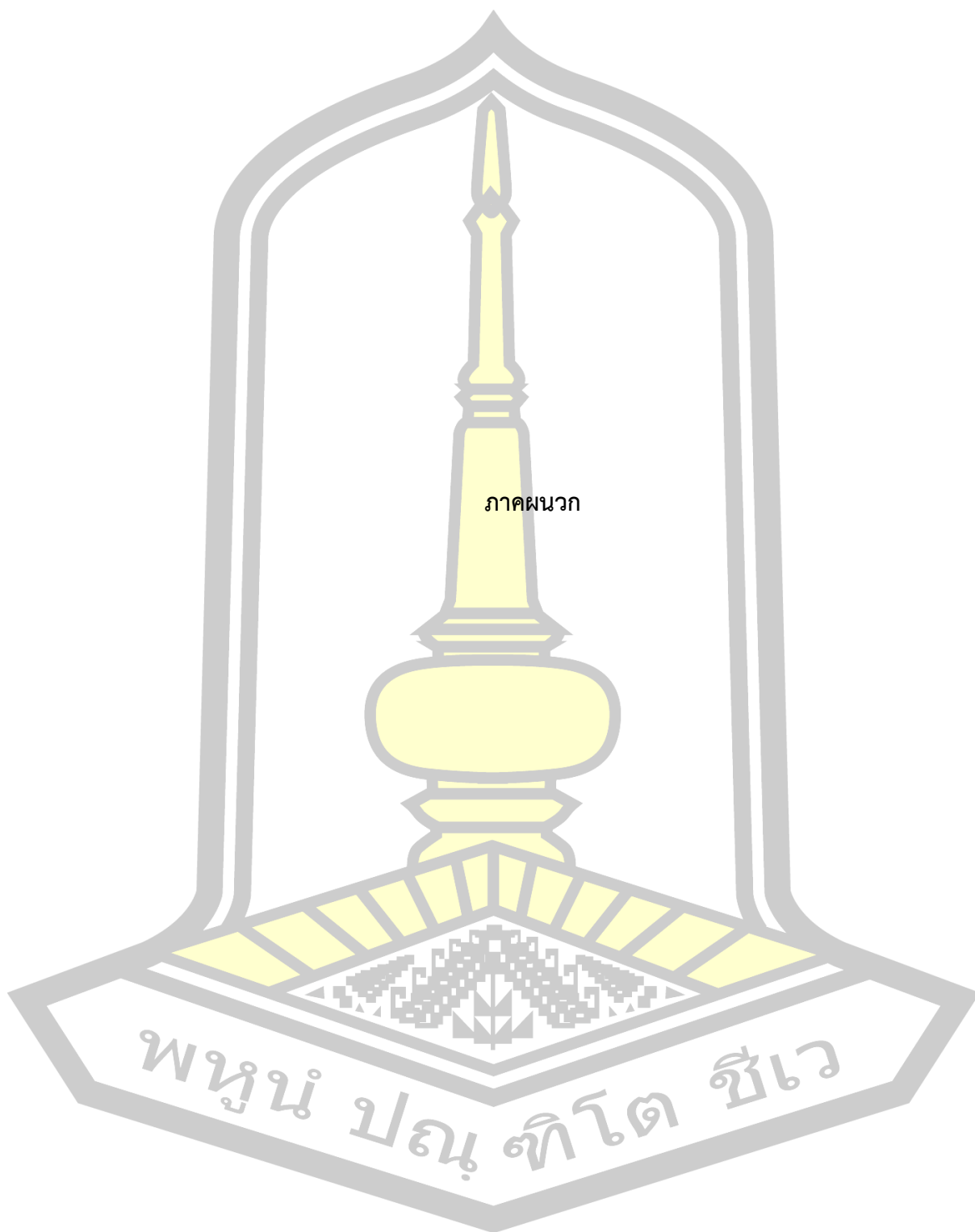
- Gilbert, R. (1991). Social Linguistics and Literacies Ideology in discourses. *Linguistics and Education*, 3(3), 275–278. [https://doi.org/10.1016/0898-5898\(91\)90011-7](https://doi.org/10.1016/0898-5898(91)90011-7)
- Hand, B., & Prain, V. (2002). Teachers Implementing Writing-To-Learn Strategies in Junior Secondary Science: A Case Study. *Science Education*, 86(6), 737–755. <https://doi.org/10.1002/sce.10016>
- Hand, B., Prain, V., & Wallace, C. (2002). Influences of writing tasks on students' answers to recall and higher-level test questions. *Research in Science Education*, 32(1), 19–34. <https://doi.org/10.1023/A:1015098605498>
- Hand, B., Shelley, M. C., Laugerman, M., Fostvedt, L., & Therrien, W. (2018). Improving critical thinking growth for disadvantaged groups within elementary school science: A randomized controlled trial using the Science Writing Heuristic approach. *Science Education*, 102(4), 693–710. <https://doi.org/10.1002/sce.21341>
- Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E. M. (2004). Using a Science Writing Heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131–149. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070252>
- Hilton, F. (1989). 1989 AAAS ' Annual Meeting San Here ' s what you ' ll find : *Social & Behavioral Sciences* *. 14–19.
- Keles, N. (2016). *Investigating the effect of science writing heuristic approach on students ' learning of multimodal representations across 4th to 8th grade levels.*
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). The action research planner: Doing critical participatory action research. In *The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research*. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065–1084. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;2-I)
- Kolstø, S. D. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291–310. <https://doi.org/10.1002/sce.1011>

- Lemke, J. L. (1990). Talking Science: Language, Learning, and Values (Language and Educational Processes). In *Talking Science: Language, Learning, and Values (Language and Educational Processes)*. <https://doi.org/citeulike-article-id:748226>
- Lin, S. S., & Mintzes, J. J. (2010). Learning Argumentation Skills Through Instruction In Socioscientific Issues: The Effect Of Ability Level. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8(6), 993–1017. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9215-6>
- Lonning, R. A. (1993). Effect of cooperative learning strategies on student verbal interactions and achievement during conceptual change instruction in 10th grade general science. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(9), 1087–1101. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300907>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53–78. <https://doi.org/10.1002/tea.20201>
- Mohammad, E. G. (2007). Using the science writing heuristic approach as a tool for assessing and promoting students' conceptual understanding and perceptions in the general chemistry laboratory. *ProQuest Dissertations and Theses*, 143. Retrieved from <http://search.proquest.com.ezaccess.library.uitm.edu.my/docview/304860732?accountid=42518>
- Nam, J., Choi, A., & Hand, B. (2011). Implementation of the science writing heuristic (SWH) approach in 8th grade science classrooms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1111–1133. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9250-3>
- National Research Council. (1996). Science Content Standards. In *National Science Education Standards*. <https://doi.org/10.17226/4962>
- Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How Literacy in Its Fundamental Sense Is Central to Scientific Literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Olson, J., & Clough, M. (2006). *Investigating the impact of teachers' implementation practices on academic achievement in science during a long-term professional*

development program on the Science Writing Heuristic.

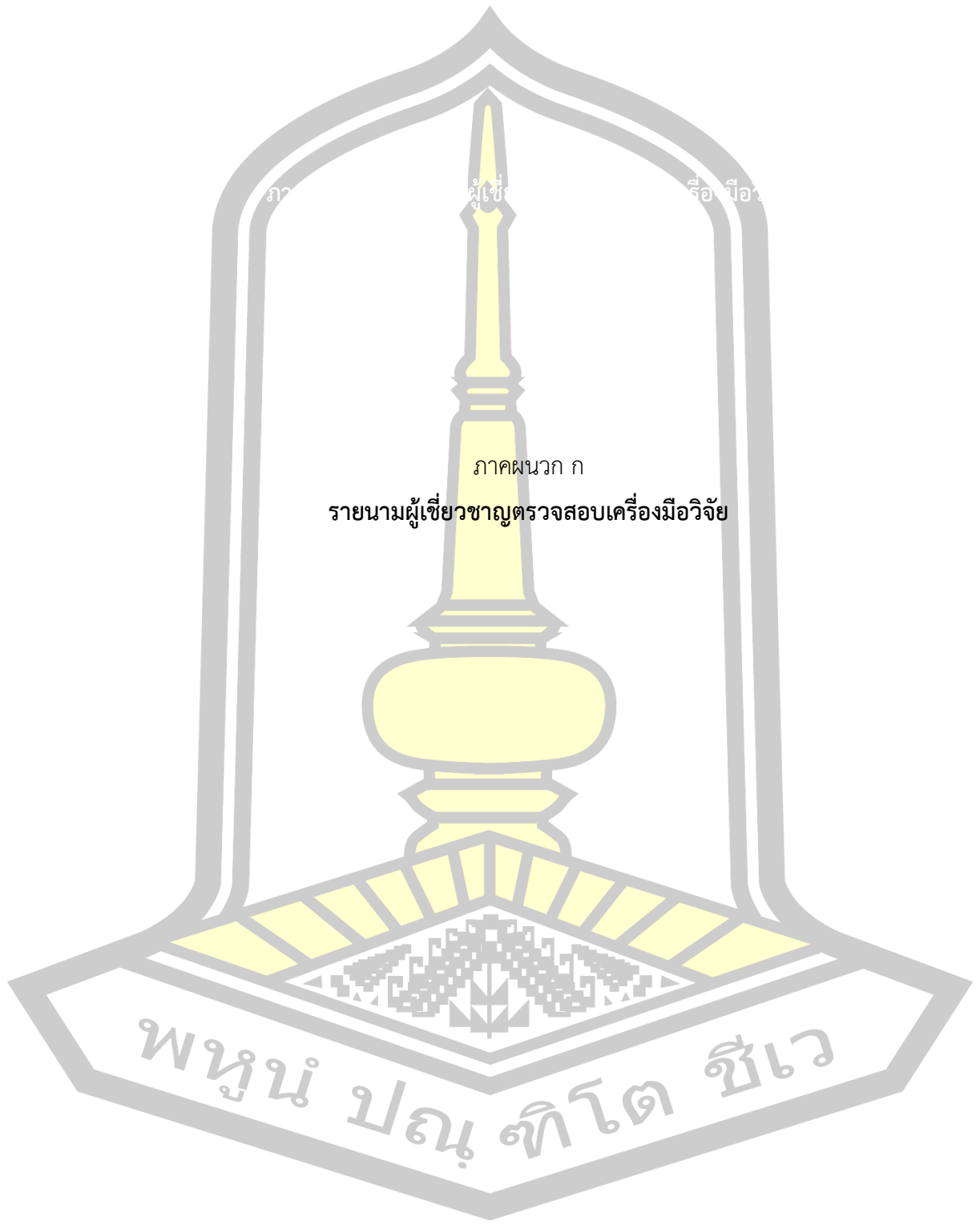
- Pickering, A. (1993). The Mangle of Practice: Agency and Emergence in the Sociology of Science. *American Journal of Sociology*, 99(3), 559–589.
<https://doi.org/10.1086/230316>
- Putti, A. (2011). High school students' attitudes and beliefs on using the science writing heuristic in an advanced placement chemistry class. *Journal of Chemical Education*, 88(4), 516–521. <https://doi.org/10.1021/ed100135w>
- Rapanta, C. (2019). *Argumentation Strategies in the Classroom*. Vernon Press.
- Schunn, C. (2009). *Are 21st century skills found in science standards? Paper prepared for the Workshop on Exploring the Intersection of Science Education and the Development of 21st Century Skills*. Retrieved from
<http://www7.nationalacademies.org/bose/Schunn.pdf>
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2018). The Gender-Equality Paradox in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education. *Psychological Science*, 29(4), 581–593.
<https://doi.org/10.1177/0956797617741719>
- Yore, L. D., Bisanz, G. L., & Hand, B. M. (2003). Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25(6), 689–725.
<https://doi.org/10.1080/09500690305018>
- Zimmerman, C. (2000). The Development of Scientific Reasoning Skills. *Developmental Review*, 20(1), 99–149. <https://doi.org/10.1006/drev.1999.0497>





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

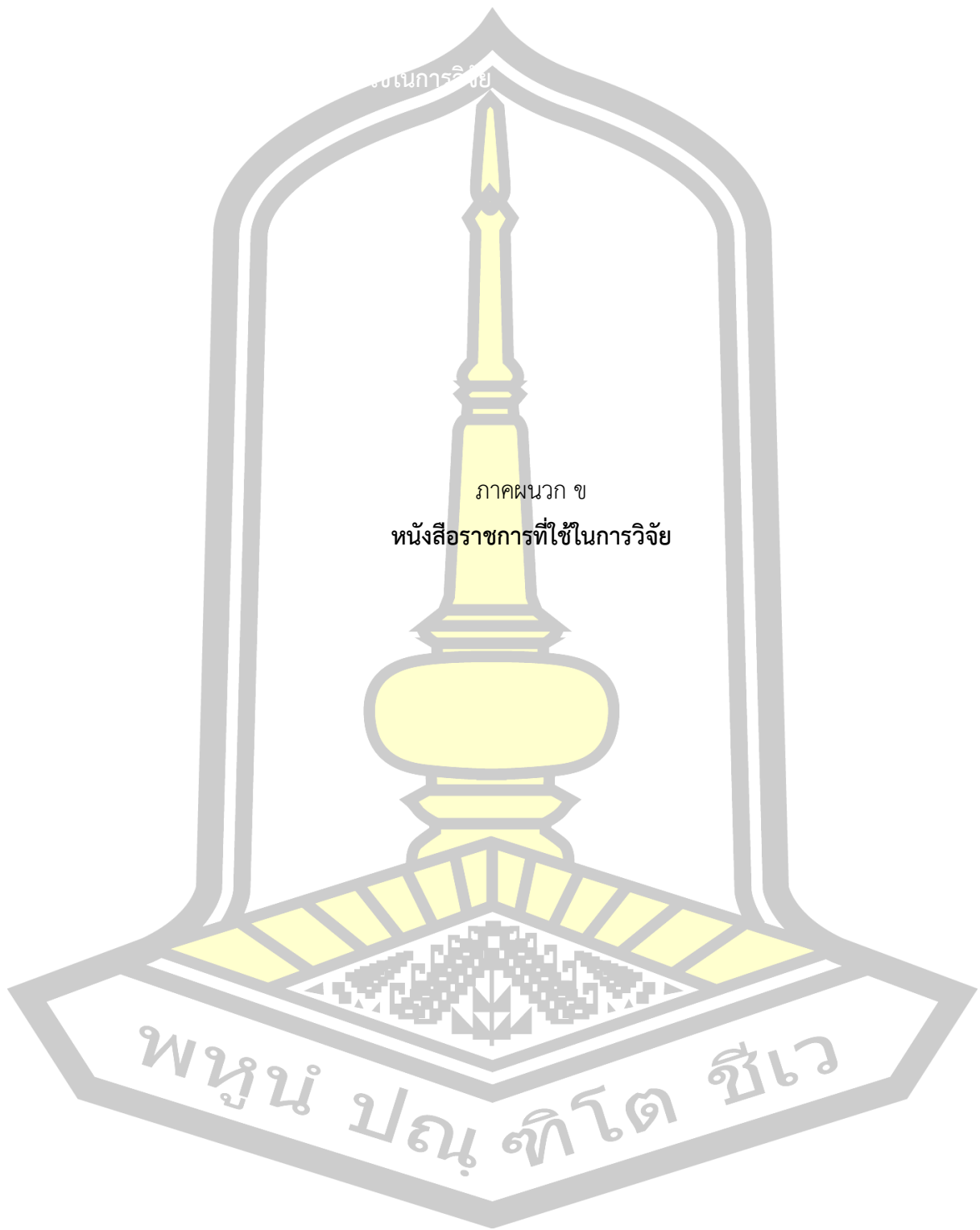
พหุบัณฑิตยสถาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์, แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์, แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ และ แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

- | | |
|---|---|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน | ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 2. ดร.ฐิติวรดา พลเยี่ยม | ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 3. ดร.สมควร โมทะจิตร | ผู้อำนวยการเชี่ยวชาญ
โรงเรียนวัดบ้านปรองอค์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 |
| 4. นายชนกฤต เดชนาเกร็ด | ศึกษานิเทศก์ กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 |
| 5. นายสุชาติ สายแก้ว | ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนบ้านตาเจา จังหวัดศรีสะเกษ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
ประถมศึกษาศรีสะเกษ เขต 3 |

พหุ ประถมศึกษา



ศูนย์การวิจัย

ภาคผนวก ข
หนังสือราชการที่ใช้ในการวิจัย

พูนัน ปณุ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ค

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- การหาคุณภาพเครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- การหาคุณภาพเครื่องมือแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- การหาคุณภาพเครื่องมือแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- การหาคุณภาพเครื่องมือแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เครื่องมือแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
1.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการสอน	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	4	4	5	21	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้การจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการการวัดผลและประเมินผลตรงตามจุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.84							0.28	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
2.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	4	4	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.85		0.25	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
3.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	4	4	20	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.85		0.34	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
4.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	5	5	4	4	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	5	5	4	4	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.89		0.24	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
5.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	4	4	20	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.80		0.32	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
6.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	4	4	20	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	3	4	4	4	19	3.80	0.45	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้อในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.80		0.45	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
7.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	4	3	19	3.80	0.45	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	3	4	4	4	4	19	3.80	0.45	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	ค่าเฉลี่ยรวม					4.76		0.48	เหมาะสมมากที่สุด	

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
8.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.93		0.16	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
9.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.98		0.06	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 1 (ต่อ)

14	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
10.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการ เรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้	4	5	5	5	5	24	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
8.เครื่องมือและวิธีการการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.96							0.08	เหมาะสมมากที่สุด

*หมายเหตุ ดัชนีความเหมาะสมตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าสามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
5.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับหลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการสอน	4	4	4	4	4	20	4.00	0.00	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ขั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ขั้นระหว่างการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ขั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่งเรียนรู้การเรียนรู้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการการวัดผลและประเมินผลตรงตามจุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.91							0.30	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
6.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
8.เครื่องมือและวิธีการการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.96							0.12	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
7.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	ค่าเฉลี่ยรวม					4.93		0.16	เหมาะสมมากที่สุด	

ตารางที่ 19 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 2 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล	
		1	2	3	4	5					
8.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	5	5	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด	
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
		ค่าเฉลี่ยรวม	4.96							0.12	เหมาะสมมากที่สุด

*หมายเหตุ ดัชนีความเหมาะสมตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าสามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
9.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	4	4	4	5	5	22	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	4	4	4	4	5	21	4.20	0.45	เหมาะสมมาก
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้ในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
		ค่าเฉลี่ยรวม					4.87		0.29	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 20 ค่าดัชนีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียน
เชิงวิทยาศาสตร์ในวงจรปฏิบัติการวงรอบที่ 3 (ต่อ)

แผนที่	รายการ	กรรมการคนที่					รวม	\bar{x}	S.D.	การแปลผล
		1	2	3	4	5				
10.	1.ความสอดคล้องเหมาะสมกับ หลักสูตร	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	2.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	3.กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	4.ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ใน การสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	5.จุดประสงค์การเรียนรู้สอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระสำคัญ	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6. ความเหมาะสมของกิจกรรม การเรียนการสอน	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.1 ชั้นก่อนการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	6.2 ชั้นระหว่างการทดลอง	5	5	4	4	5	23	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
	6.3 ชั้นหลังการทดลอง	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
	7.ความเหมาะสมของสื่อและแหล่ง เรียนรู้การเรียนรู้อในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด
8.เครื่องมือและวิธีการวัดผล และประเมินผลตรงตาม จุดประสงค์	5	5	5	5	5	25	5.00	0.00	เหมาะสมมากที่สุด	
	ค่าเฉลี่ยรวม	4.96							0.12	เหมาะสมมากที่สุด

*หมายเหตุ ดัชนีความเหมาะสมตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าสามารถนำไปใช้ได้

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เครื่องมือแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 21 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

รายการความคิดเห็น	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1.ความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.ความเหมาะสมของช่วงการให้คะแนน	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80
3.ความเหมาะสมของข้อความครอบคลุมทุกประเด็น	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80
4.ความเหมาะสมของหัวข้อที่ต้องการประเมิน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
5.ความเหมาะสมของจำนวนข้อความ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.การใช้ภาษาและข้อความเหมาะสมกับผู้ถูกประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
รวม	0.90						

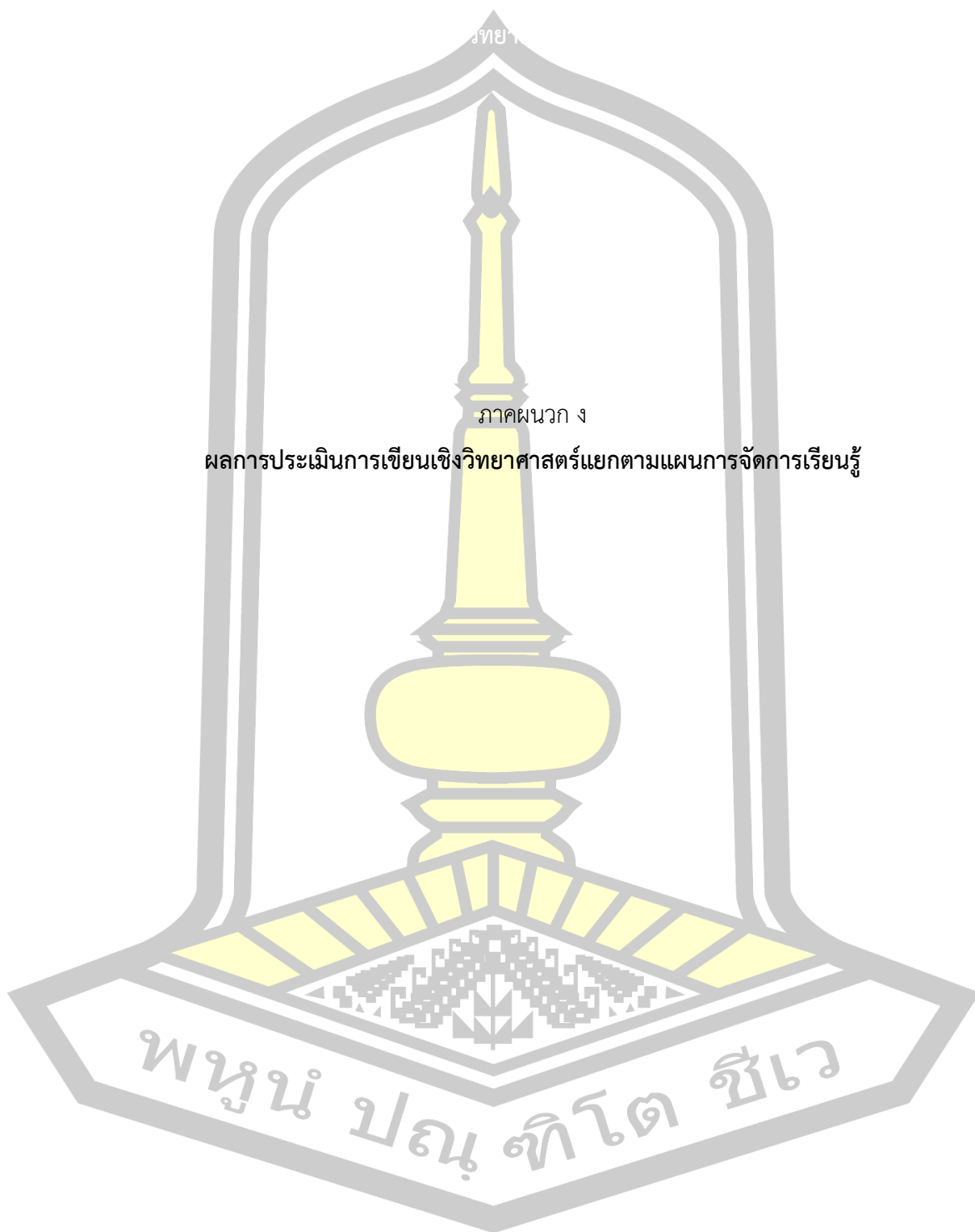
*หมายเหตุค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าสามารถนำไปใช้ได้

การหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
เครื่องมือแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 22 ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

รายการความคิดเห็น	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)					รวม	IOC
	1	2	3	4	5		
1.ความเหมาะสมของรูปแบบการประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.ความเหมาะสมของช่วงการให้คะแนน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
3.ความเหมาะสมของข้อความครอบคลุมทุกประเด็น	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80
4.ความเหมาะสมของหัวข้อที่ต้องการประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.ความเหมาะสมของจำนวนข้อความ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.การใช้ภาษาและข้อความเหมาะสมกับผู้ถูกประเมิน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
รวม	0.96						

*หมายเหตุค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปถือว่าสามารถนำไปใช้ได้



พหุจน์

ภาคผนวก ง

ผลการประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์แยกตามแผนการจัดการเรียนรู้

พหุจน์ ปณฺ ทิโต ชีเว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 23 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม

ที่ 6.1 การศึกษาลักษณะที่แสดงออก

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	1	0	1	2	ผ่าน
2*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
3	3	3	2	8	ดี
4	1	0	1	2	ผ่าน
5	1	1	2	4	พอใช้
6	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
7	1	1	2	4	พอใช้
8	2	1	2	5	พอใช้
9*	0	1	0	1	ต้องปรับปรุง
10	1	1	2	4	พอใช้
11	3	2	3	8	ดี
12	2	2	2	6	ดี
13	2	3	3	8	ดี
14	0	0	2	2	ผ่าน
15	1	2	2	5	พอใช้

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

ตารางที่ 24 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม

ที่ 6.2 ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
2*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
3	1	1	1	3	ผ่าน
4	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
5	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
6	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	1	2	0	3	ผ่าน
9*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
10	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
11	1	2	2	5	พอใช้
12	1	2	2	5	พอใช้
13	1	2	2	5	พอใช้
14	1	2	1	4	พอใช้
15	1	2	2	5	พอใช้

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 25 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม

ที่ 6.3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	1	0	1	2	ผ่าน
2*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
3	1	1	1	3	ผ่าน
4	1	1	1	3	ผ่าน
5	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
6	1	1	1	3	ผ่าน
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	1	0	1	2	ผ่าน
9*	1	1	1	3	ผ่าน
10	1	1	1	3	ผ่าน
11	3	1	2	6	ดี
12	1	2	2	5	พอใช้
13	2	2	2	6	ดี
14	1	1	1	3	ผ่าน
15	2	2	2	6	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูนุ ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 26 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.4 สารพันธุกรรม

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	2	1	2	5	พอใช้
2*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
3	1	1	1	3	ผ่าน
4	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
5	0	0	1	1	ต้องปรับปรุง
6	1	1	1	3	ผ่าน
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	1	2	1	4	พอใช้
9*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
10	2	1	1	4	พอใช้
11	1	3	3	7	ดี
12	1	1	2	4	พอใช้
13	2	2	2	6	ดี
14	1	1	2	4	พอใช้
15	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 27 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.5 ดีเอ็นเอและยีน

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	2	3	2	7	ดี
2*	2	0	1	3	ผ่าน
3	2	1	1	4	พอใช้
4	2	3	1	6	ดี
5	2	1	2	5	พอใช้
6	2	1	1	4	พอใช้
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
9*	2	3	2	7	ดี
10	2	3	2	7	ดี
11	2	3	3	8	ดี
12	2	3	3	8	ดี
13	2	3	3	8	ดี
14	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
15	2	1	1	4	พอใช้

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 28 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.6 โครโมโซม

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	1	1	1	3	ผ่าน
2*	1	1	1	3	ผ่าน
3	2	1	1	4	พอใช้
4	1	0	1	2	ผ่าน
5	2	1	1	4	พอใช้
6	3	2	2	7	ดี
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	1	1	1	3	ผ่าน
9*	2	2	2	6	ดี
10	3	2	2	7	ดี
11	2	3	3	8	ดี
12	3	2	3	8	ดี
13	3	2	3	8	ดี
14	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
15	3	2	2	7	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 29 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.7 การศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
2*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
3	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
4	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
5	1	1	1	3	ผ่าน
6	3	1	1	5	พอใช้
7	3	2	2	7	ดี
8	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
9*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
10	2	1	2	5	พอใช้
11	3	3	2	8	ดี
12	1	1	2	4	พอใช้
13	3	1	3	7	ดี
14	2	1	1	4	พอใช้
15	3	2	2	7	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 30 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
2*	1	3	1	5	พอใช้
3	3	3	2	8	ดี
4	1	1	2	4	พอใช้
5	3	1	2	6	ดี
6	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
9*	2	2	2	6	ดี
10	3	3	2	8	ดี
11	3	3	3	9	ดี
12	3	3	3	9	ดี
13	3	3	3	9	ดี
14	3	1	1	5	พอใช้
15	3	3	2	8	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 31 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.9 ความผิดปกติทางพันธุกรรม

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
2*	2	0	2	4	พอใช้
3	2	1	1	4	พอใช้
4	0	0	1	1	ต้องปรับปรุง
5	2	1	1	4	พอใช้
6	2	2	2	6	ดี
7	2	1	1	4	พอใช้
8	2	1	1	4	พอใช้
9*	2	0	1	3	ผ่าน
10	2	2	2	6	ดี
11	2	3	3	8	ดี
12	2	1	2	5	พอใช้
13	2	3	2	7	ดี
14	1	3	2	6	ดี
15	2	3	2	7	ดี

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูนุ ปณ ทิโต ชีเว

ตารางที่ 32 ระดับการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในแผนการจัดการเรียนรู้กิจกรรม
ที่ 6.10 เทคโนโลยีพันธุวิศวกรรม

นักเรียน คนที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การประเมินผล
	ข้อสรุป	ประจักษ์ พยาน	การเขียน		
1	2	2	2	6	ดี
2*	0	0	1	1	ต้องปรับปรุง
3	1	1	2	4	พอใช้
4	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
5	1	1	0	2	ผ่าน
6	0	1	1	2	ผ่าน
7	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
8	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
9*	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง
10	2	2	2	6	ดี
11	1	1	2	4	พอใช้
12	2	2	3	7	ดี
13	2	2	2	6	ดี
14	2	3	1	6	ดี
15	0	0	0	0	ต้องปรับปรุง

* หมายถึง นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้

พูน ปณ ทิโต ชีเว

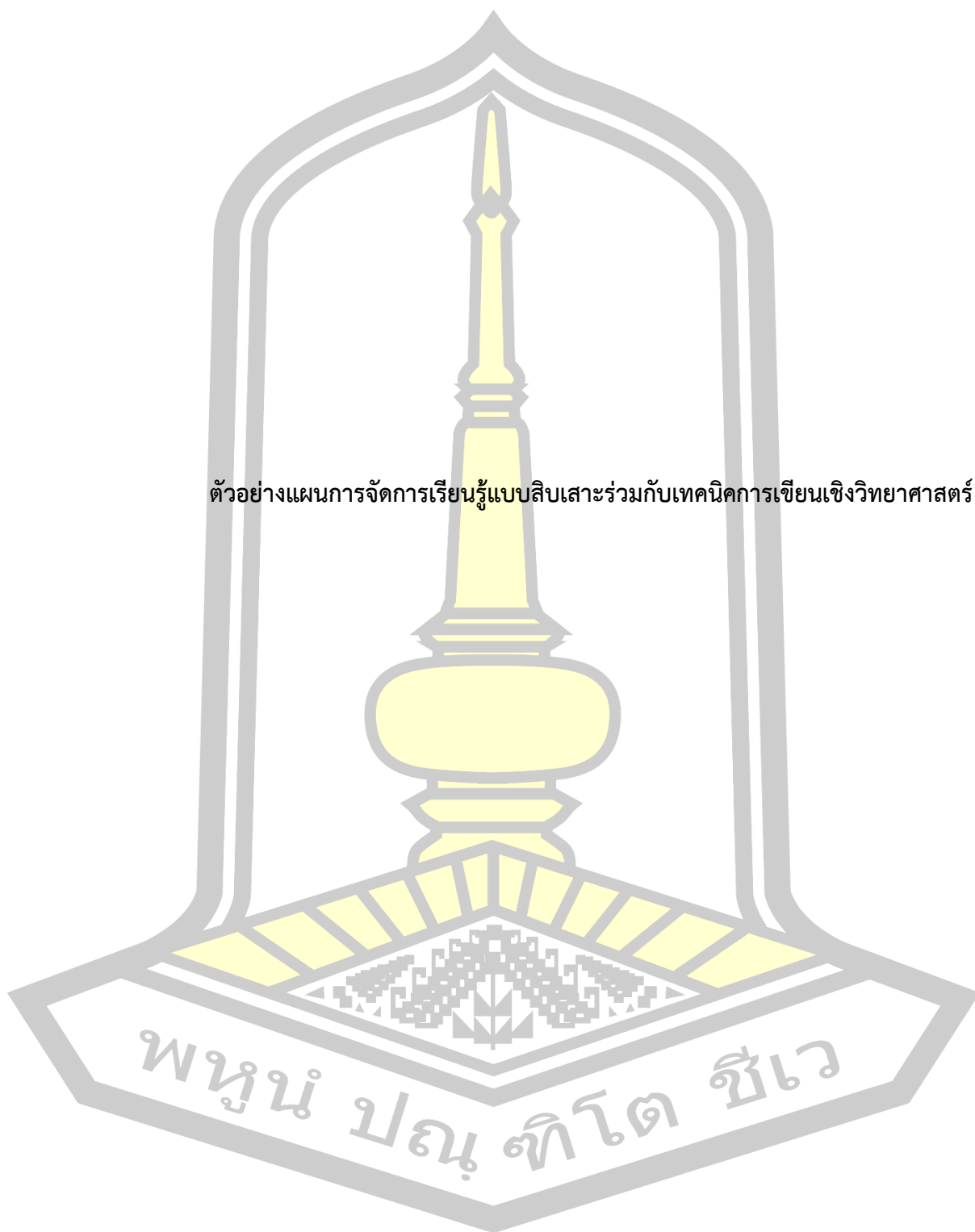
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในก

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- แบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์
- ตัวอย่างผลงานนักเรียน

พหุ ประถมศึกษา



ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

(ตัวอย่าง) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2562
วิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6 รหัสวิชา ว 23102	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	
หน่วยที่ 6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	จำนวน 15 ชั่วโมง	
เรื่อง โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	เวลา 2 ชั่วโมง	
ผู้สอน นายจิรินทร์ นันทะเสน	สอนวันที่...../...../.....	

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

1. ว 1.2 ม. 3/1 สังเกตและอธิบายลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรมหรือยีนในนิวเคลียส
2. ว 1.2 ม. 3/2 อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอและกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
3. ว 8.1 ม. 8/1 ตั้งคำถามที่กำหนดประเด็นหรือตัวแปรที่สำคัญในการสำรวจตรวจสอบ หรือศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้
4. ว 8.1 ม. 8/2 สร้างสมมติฐานที่สามารถตรวจสอบได้และวางแผนการสำรวจตรวจสอบหลายๆวิธี
5. ว 8.1 ม. 8/4 รวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ
6. ว 8.1 ม. 8/8 บันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูล และประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิมบันทึกและอธิบายผลการสังเกต การสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ และยอมรับการเปลี่ยนแปลงความรู้ที่ค้นพบเมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มขึ้นหรือโต้แย้งจากเดิม

สาระสำคัญ

หน่วยควบคุมลักษณะตามแนวคิดของเมนเดลเรียกว่า ยีน อยู่เป็นคู่ ซึ่งควบคุมลักษณะได้หลายรูปแบบ การเข้าคู่ของยีนจึงมีได้หลายลักษณะทั้งแบบที่เหมือนกัน และแบบที่ต่างกัน ยีนที่กำหนดลักษณะเด่นเรียกว่ายีนเด่น แม้จะมีเพียงยีนเดียวในคู่ยีน สิ่งมีชีวิตก็สามารถแสดงออกถึงลักษณะเด่นได้ ส่วนยีนที่กำหนดลักษณะด้อยเรียกว่า ยีนด้อย ซึ่งจะต้องมีทั้ง 2 ยีน สิ่งมีชีวิตจึงจะแสดงลักษณะด้อยได้ โดยพบว่ามียัตราส่วนระหว่างลักษณะเด่นและลักษณะด้อยประมาณ 3 ต่อ 1

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเข้าคู่กันของยีนได้ (K)
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่องการเข้าคู่กันของยีนได้ (P)

สาระการเรียนรู้

1. โอกาสการเข้าคู่กันของยีน















กิจกรรมการเรียนรู้

ใช้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ก่อนการทดลอง

1.1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

- 1.1.1 ให้นักเรียนทำ Quiz 8 เป็นการทบทวนเนื้อหาที่เรียนมาในครั้งที่แล้ว
- 1.1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยคำตอบ Quiz เพื่อเพิ่มความเข้าใจ
- 1.1.3 ครูนำภาพผลการทดลองของเมนเดลให้นักเรียนดูอีกครั้ง แล้วตั้งคำถามดังต่อไปนี้

Pea trait	Dominant trait	Recessive trait	Numbers in second generation (F ₂)	Ratio
Seeds				
Seed shape	Round 	Wrinkled 	5474:1850	2.96:1
Seed colour	Yellow 	Green 	6002:2001	2.99:1
Whole plants				
Flower colour	Purple 	White 	705:224	3.15:1
Flower position	Axial 	Terminal 	651:207	3.14:1
Plant height	Tall 	Short 	787:277	2.84:1
Pod shape	Inflated 	Constricted 	882:299	2.95:1
Pod colour	Green 	Yellow 	428:152	2.82:1

ภาพที่ 31 ผลการทดลองของเมนเดล

1.1.4 จากผลการทดลองของเมนเดล นักเรียนสังเกตเห็นหรือไม่ว่าลักษณะที่แสดงออกของลูก
ในรุ่นที่ 1 เป็นอย่างไร (แนวตอบ ดอกสีม่วง ผิวยเรียบ ฯลฯ เป็นลักษณะเด่นทั้งหมดที่แสดงออก)

1.1.5 แล้วลักษณะอื่น ๆ ที่เมนเดลศึกษานั้นไปปรากฏในรุ่นใด (แนวตอบ ไปปรากฏในรุ่นลูก
ถัดไป)

1.1.6 ลักษณะที่เป็นลักษณะด้อยจะปรากฏในรุ่นที่ 2 ทั้งหมดเลยหรือไม่ (แนวตอบ ไม่ใช่)

1.1.7 ลักษณะเด่นกับลักษณะด้อยมีโอกาสแสดงออกในแต่ละรุ่นเท่ากันหรือไม่ (แนวตอบ
ขึ้นอยู่กับนักเรียน)

1.1.8 เข้าสู่กิจกรรมในขั้นต่อไป

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

1.2.1 กำหนดปัญหา/คำถาม

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายกิจกรรมในครั้งนี้ด้วยคำถามต่อไปนี้

- นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่า โอกาสการแสดงออกของลักษณะเด่นและลักษณะด้อยเป็น
เท่าใด (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับนักเรียน)
- นักเรียนต้องการทราบสิ่งใดในการหาคำตอบครั้งนี้ (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับนักเรียน)
- นักเรียนมีความรู้เพียงใดในการหาคำตอบเรื่องนี้ (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับนักเรียน)

1.2.2 การทดสอบ

1.2.2.1 แบ่งกลุ่มให้นักเรียนกลุ่มละ 4 คน แล้วแจกอุปกรณ์ทำการทดลอง

1.2.2.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายก่อนการทดลองด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.2.2.3 ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน และกิจกรรมที่ 6.3
โอกาสการเข้าคู่ของยีน จากหนังสือเรียนวิทยาศาสตร์ 6 ม.3 เล่ม 2 หน้า 149
ครูถามนักเรียนด้วยคำถามดังนี้

1.2.2.4 การทดลองครั้งนี้นักเรียนต้องการจะทราบสิ่งใด (แนวตอบ โอกาสการแสดงออกของ
ลักษณะเด่นและลักษณะด้อยเป็นเช่นใด)

1.2.2.5 นักเรียนมีวิธีการหาคำตอบอย่างไร (แนวตอบ ทำการทดลอง)

1.2.2.6 นักเรียนมีขั้นตอนในการทดลองอย่างไรบ้าง (แนวตอบ นำลูกปัดสีแดงและสีขาว
อย่างละ 50 ลูก เทลงในโหล 2 ใบ แล้วทำการสุ่มหยิบลูกปัดขึ้นมาจากโหลทั้ง
2 โหลละ 1 ลูก แล้วบันทึกผลว่าหยิบได้สีใดบ้าง ทำการสุ่มหยิบทั้งหมด 100
ครั้งแล้วบันทึกผลการทดลอง จากนั้นหาอัตราส่วนอย่างต่ำของผลการทดลอง)

1.2.2.7 ให้นักเรียนเขียนวิธีการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน
แล้วเริ่มทำการทดลองของกลุ่มตนเอง

2. ระหว่างการทดลอง

2.1.1 การสังเกต

ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่ม คอยช่วยเหลือ ตอบคำถามและให้คำแนะนำ นักเรียนตามความเหมาะสม

3. หลังการทดลอง

3.1 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

3.1.1 ข้อสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองด้วยคำถามดังต่อไปนี้

- 3.1.1.1 สีแดงและสีขาของลูกปัดที่หยิบขึ้นมาเป็นการเปรียบเทียบถึงอะไร (แนวตอบ ยีนบนโครโมโซม)
- 3.1.1.2 รูปแบบที่นักเรียนหยิบลูกปัดขึ้นมาจากโหลทั้ง 2 ลูกปัดมีโอกาสเข้าคู่กันแบบใดบ้าง (แนวตอบ แดง-แดง แดง-น้ำเงิน น้ำเงิน-น้ำเงิน)
- 3.1.1.3 โอกาสที่จะหยิบลูกปัดจากทั้ง 2 โหลขึ้นมาเป็นสี แดง - แดง เป็นเท่าใด (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียน)
- 3.1.1.4 โอกาสที่จะหยิบลูกปัดจากทั้ง 2 โหลขึ้นมาเป็นสี แดง - ขาว เป็นเท่าใด (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียน)
- 3.1.1.5 โอกาสที่จะหยิบลูกปัดจากทั้ง 2 โหลขึ้นมาเป็นสี น้ำเงิน - น้ำเงิน เป็นเท่าใด (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับผลการทดลองของนักเรียน)
- 3.1.1.6 ถ้านำจำนวนลูกปัดที่หยิบได้สี แดง - แดง และ แดง - น้ำเงิน รวมกัน จะคิดเป็นอัตราส่วนต่อสีขาว - ขาวเท่าใด (แนวตอบ ประมาณ 3 : 1)
- 3.1.1.7 ถ้านักเรียนนับอัตราส่วนลูกปัดที่หยิบได้ระหว่างสี แดง - แดง / แดง - น้ำเงิน / และ น้ำเงิน - น้ำเงิน เป็นเท่าใด (แนวตอบ ประมาณ 1 : 2 : 1)
- 3.1.1.8 ให้นักเรียนแต่ละคนทำการสรุปผลการทดลองตามผลการทดลองที่กลุ่มของตนเองได้

3.1.2 ประจักษ์พยาน

ให้นักเรียนแสดงประจักษ์พยานที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อเชื่อมโยงไปยังข้อสรุปที่นักเรียนสรุปในขั้นก่อนหน้า

3.2 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)

3.2.1 การอ่าน

ให้แต่ละกลุ่มนำผลการทดลองของกลุ่มตนเองติดไว้ที่หน้าห้องแล้วให้แต่ละกลุ่มเดินดูเพื่อเปรียบเทียบผลการทดลอง แล้วให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ลงในใบกิจกรรม

3.2.1.1 ความคิดของนักเรียนเมื่อได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่มอื่นแล้ว มีความเหมือนหรือมีความแตกต่างกันอย่างไร (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับนักเรียน)

3.2.2 การสะท้อนความคิด

ให้นักเรียนสะท้อนความคิดจากคำถามต่อไปนี้

3.2.2.1 แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด (แนวตอบ ขึ้นอยู่กับนักเรียน)

ครูขยายความรู้ให้กับนักเรียนดังนี้

- ลักษณะการเข้าคู่ที่เป็นสีเดียวกัน (แดง-แดง น้ำเงิน-น้ำเงิน) เรียกว่าลักษณะพันธุ์แท้ (Homozygous)
- ลักษณะการเข้าคู่ที่เป็นคนละสีกัน (แดง-น้ำเงิน) เรียกว่าลักษณะพันทาง (Heterozygous)
- ลักษณะเด่น ถูกกำหนดโดย ยีนเด่น โดยอาจมีเพียงแค่อินเดียในคู่ยีนก็จะสามารถแสดงออกลักษณะเด่นได้ ถ้าลูกปิดที่หุบขึ้นมาได้เป็นสี แดง-แดง ก็จะแสดงออกในลักษณะเด่นแบบพันธุ์แท้ ถ้าลูกปิดที่หุบขึ้นมาได้เป็น แดง-น้ำเงิน ก็จะแสดงลักษณะเด่น แต่เรียกว่าพันทาง
- ลักษณะด้อยถูกกำหนดโดย ยีนด้อย ซึ่งต้องอยู่เป็นคู่ จึงจะแสดงลักษณะด้อยออกมาได้ (น้ำเงิน-น้ำเงิน)
- ลักษณะของลูกปิดที่หุบขึ้นมา (แดง - แดง / น้ำเงิน - น้ำเงิน / แดง - น้ำเงิน) หากอยู่บนโครโมโซมจะเรียกว่า รูปแบบการเข้าคู่กันของยีน เรียกว่า “จีโนไทป์ (Genotype)”
- ส่วนลักษณะที่แสดงออกมาจากจีโนไทป์เรียกว่า ฟิโนไทป์ (Phenotype)

3.3 ชั้นประเมินผล (Evaluation)

3.3.1 ให้นักเรียนตอบคำถามในใบกิจกรรมที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน ให้เรียบร้อยแล้วส่งครูภายในชั่วโมง

3.3.2 ให้นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปเนื้อหาจากที่เรียนมาในชั่วโมงนี้ลงในแบบบันทึกการทดลองการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์ผ่าน GoogleClassroom : URL:
<https://classroom.google.com/u/1/c/NDCwMzMwMzM4ODZa>

สื่อ / วัสดุอุปกรณ์

1. ใบความรู้ที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน
2. ใบกิจกรรมที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน
3. โทล 2 ใบ
4. ลูกปิดสีแดง 50 ลูก
5. ลูกปิดสีขาว 50 ลูก

การวัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. นักเรียนสามารถอธิบายกระบวนการเข้าคู่กันของยีนได้ (K)	ใบกิจกรรมที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 70
2. นักเรียนสามารถทำการทดลองเรื่องการเข้าคู่กันของยีนได้ (P)	ใบกิจกรรมที่ 6.8 โอกาสการเข้าคู่กันของยีน แบบประเมินการทำงานทดลอง	ได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 70 ผ่าน อยู่ในระดับ ดี ขึ้นไป

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

3. แนวทางการแก้ไข

.....

.....

ลงชื่อ (ผู้สอน)

(นายจิรินทร์ นันทะเสน)

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

พหุบัน ปณ ทัโต ชิว

บันทึกความคิดเห็น/การนิเทศก์จากฝ่ายบริหาร

1. บันทึกความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะจากหัวหน้ากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

ลงชื่อ

(นายจิรินทร์ นันทะเสน)

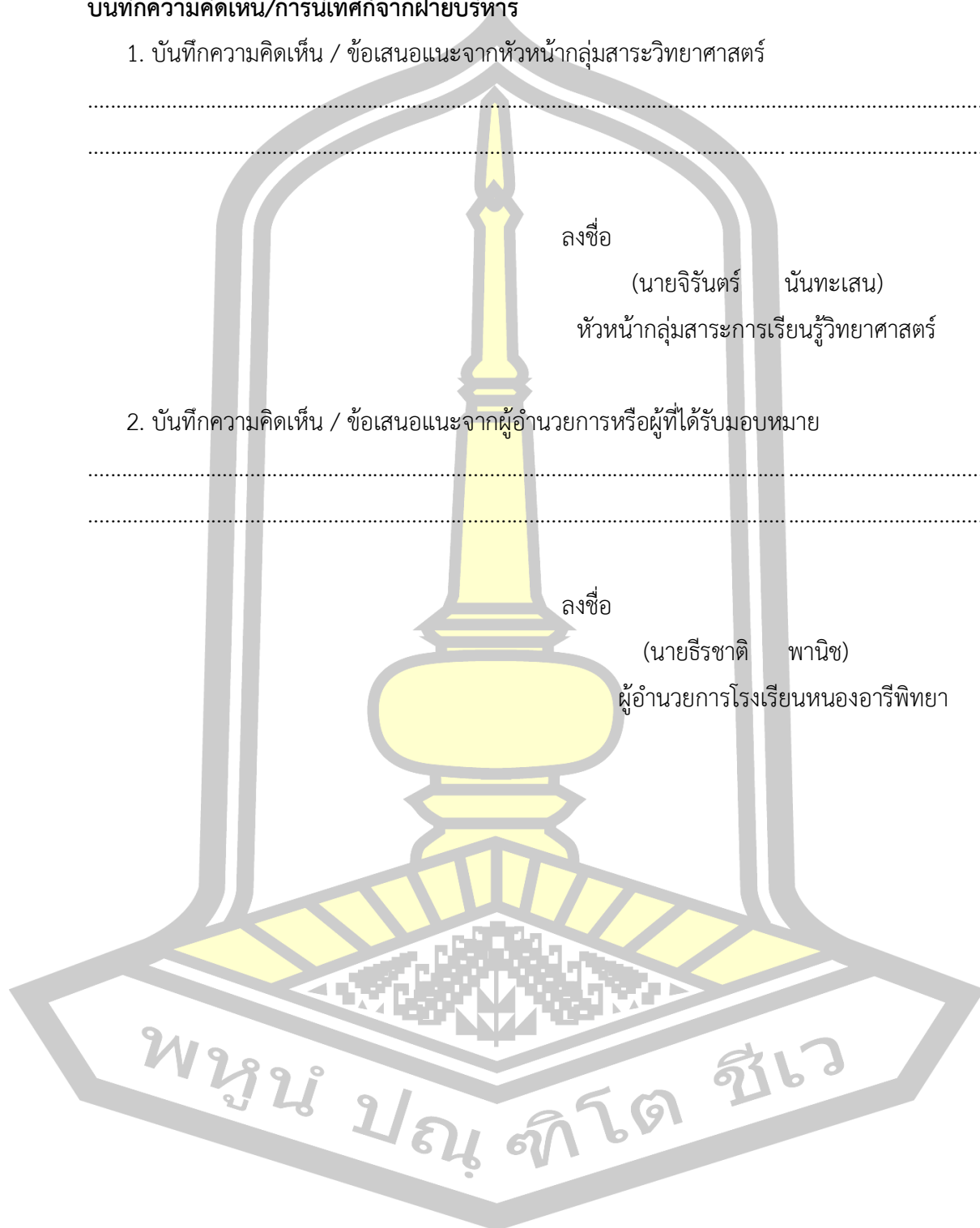
หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. บันทึกความคิดเห็น / ข้อเสนอแนะจากผู้อำนวยการหรือผู้ที่ได้รับมอบหมาย

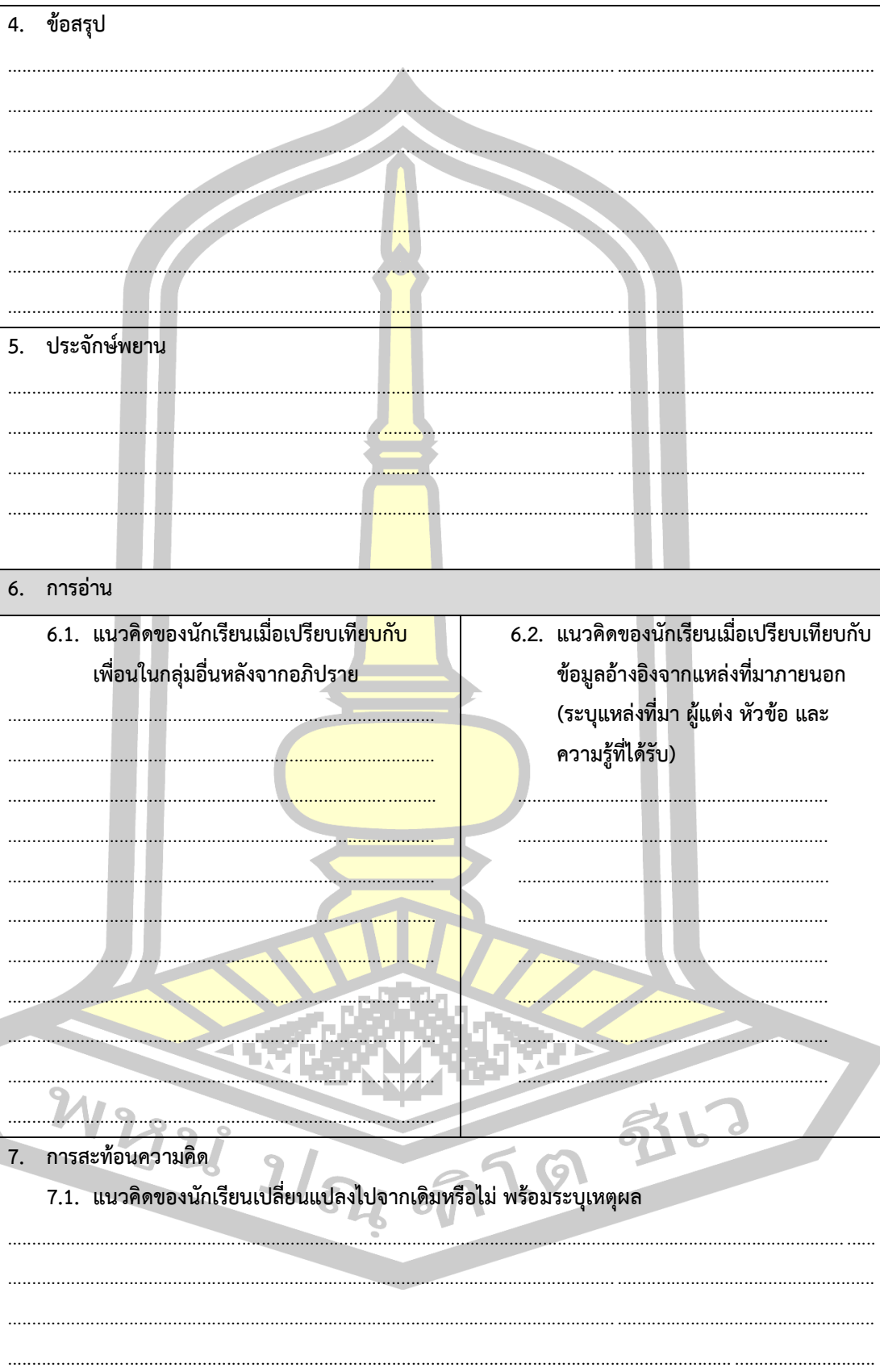
ลงชื่อ

(นายธีรชาติ พานิช)

ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองอารีพิทยา



3. การสังเกต									
3.1. ผลการทดลอง									
ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล
1		11		21		31		41	
2		12		22		32		42	
3		13		23		33		43	
4		14		24		34		44	
5		15		25		35		45	
6		16		26		36		46	
7		17		27		37		47	
8		18		28		38		48	
9		19		29		39		49	
10		20		30		40		50	
ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล	ครั้งที่	ผล
51		61		71		81		91	
52		62		72		82		92	
53		63		73		83		93	
54		64		74		84		94	
55		65		75		85		95	
56		66		76		86		96	
57		67		77		87		97	
58		68		78		88		98	
59		69		79		89		99	
60		70		80		90		100	
อัตราส่วน									
รูปแบบการเข้าคู่กัน	แดง - แดง			แดง - น้ำเงิน			น้ำเงิน - น้ำเงิน		
จำนวนตามผลการทดลอง									
อัตราส่วนอย่างต่ำ*									
*อัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนจากการทดลอง									

4. ข้อสรุป	
	
5. ประจักษ์พยาน	
6. การอ่าน	
6.1. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มอื่นหลังจากอภิปราย	6.2. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งที่มาภายนอก (ระบุแหล่งที่มา ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)
7. การสะท้อนความคิด	
7.1. แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ พร้อมระบุเหตุผล	

8. การเขียน

8.1. สรุปผลการทดลอง

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากการทดลองสีของลูกปัดแต่ละลูกเป็นตัวแทนของสิ่งใด
.....
2. โหลทั้ง 2 ใบเป็นตัวแทนของสิ่งใด
.....
3. ลักษณะการเข้าคู่กันของลูกปัดจากการทดลองมีทั้งหมด รูปแบบ ได้แก่
.....
4. จากการทดลอง กลุ่มของนักเรียนหยิบลูกปัดจากโหล 2 โหลได้เป็นสี แดง - แดง ทั้งหมด
..... ลูก
5. จากการทดลอง กลุ่มของนักเรียนหยิบลูกปัดจากโหล 2 โหลได้เป็นสี แดง - น้ำเงิน ทั้งหมด
..... ลูก
6. จากการทดลอง กลุ่มของนักเรียนหยิบลูกปัดจากโหล 2 โหลได้เป็นสี น้ำเงิน - น้ำเงิน
ทั้งหมด ลูก
7. อัตราส่วนระหว่างลูกปัดที่หยิบได้ที่เป็นสี แดง - แดง / แดง - น้ำเงิน และ น้ำเงิน - น้ำเงิน
เท่ากับ

8. อัตราส่วนระหว่างลูกปิดที่หีบได้ที่เป็นสี แดง - แดง / แดง - น้ำเงิน และ น้ำเงิน - น้ำเงิน คิดเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำได้เท่ากับ

9. ลักษณะการเข้าคู่ที่เป็นสีเดียวกัน (แดง - แดง หรือ ขาว - ขาว) เรียกว่า

10. ลักษณะการเข้าคู่ที่เป็นสีต่างกัน (แดง - น้ำเงิน) เรียกว่า

11. ยีนเด่น หมายถึง

12. ยีนด้อย หมายถึง

13. อัตราส่วนอย่างต่ำของลักษณะเด่นและลักษณะด้อยเท่ากับ

จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. สุ่มหีบลูกปิดที่มีตัวอักษรอยู่บนลูกปิดจากโหล 2 โหล โดยให้ R แทน สีแดง r แทนสีขาว โอกาสที่จะหีบลูกปิดจากโหลอย่างละ 1 ลูกมีกี่รูปแบบ แบบใดบ้าง

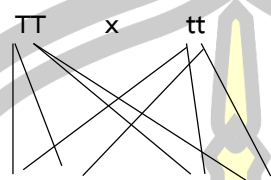
2. จากข้อที่ 1 ถ้า R แทนสีแดง ที่เป็น**ลักษณะเด่น** และ r แทนสีขาวที่เป็น**ลักษณะด้อย** ลักษณะที่แสดงออกในแต่ละรูปแบบจะเป็นอย่างไร

RR จะแสดงลักษณะ


Rr จะแสดงลักษณะ

rr จะแสดงลักษณะ

จงแสดงลักษณะการเข้าคู่กันของยีนจากสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้

<p>ตัวอย่าง ต้นถั่วลันเตาต้นสูงพันธุ์แท้ (TT) ผสมกับ ถั่วลันเตาต้นเตี้ยพันธุ์แท้ (tt)</p> <p>วิธีทำ</p>  <p>ลักษณะที่เป็นไปได้ : Tt Tt Tt Tt</p> <p>รูปแบบของการเข้าคู่ : Tt</p> <p>(Genotype)</p> <p>ลักษณะที่แสดงออก : ต้นสูง (พันทาง)</p> <p>(Phenotype)</p> <p>อัตราส่วนระหว่าง : 4 : 0</p> <p>ลักษณะที่แสดงออก</p>	<p>ต้นถั่วสูงพันทาง (Tt) ผสมกับต้นถั่วสูงพันทาง (Tt)</p>
<p>ต้นถั่วดอกสีม่วงพันธุ์แท้ (PP) ผสมกับต้นถั่วดอกสีขาวพันธุ์แท้ (pp)</p>	<p>ต้นถั่วดอกสีม่วงพันทาง (Pp) ผสมกับตัวเอง</p>

พหุบัน ปณุ ศิโรต ชีเว

 โรงเรียนหนองอารีพิทยา จังหวัดศรีสะเกษ	ใบบทความรู้ที่ 6.8 เรื่อง โอกาสการเข้าคู่กันของยีน	ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
	หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562	ผู้สอน นายจิรินทร์ นันทะเสน

โอกาสการเข้าคู่กันของยีน

ยีน (GENE) คือ หน่วยพันธุกรรมที่อยู่บนโครโมโซม มีลักษณะเรียงกันเหมือนสร้อยลูกปัด ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมจากพ่อแม่โดยผ่านเซลล์สืบพันธุ์ ไปยังลูกหลาน ในคนจะมียีนประมาณ 50,000 ยีน ซึ่งยีนแต่ละตัวจะควบคุม ลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมเพียงลักษณะเดียว ยีนมีองค์ประกอบที่สำคัญเป็น กรดนิวคลีอิก ชนิดที่เรียกว่า ดีเอ็นเอ (deoxyribonucleic acid : DNA) อันเกิดจากการต่อกันเป็นเส้นของโมเลกุลย่อยที่เรียกว่านิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ส่วนเส้นโมเลกุลจะสั้นหรือยาวเท่าใด ขึ้นอยู่กับปริมาณของโมเลกุลย่อยซึ่ง เราสามารถ อธิบายได้ง่ายๆว่า

one gene one expression

ซึ่งหมายถึง 1 ยีนสามารถแสดงออกได้ 1 ลักษณะเท่านั้น คู่ของยีน เซลล์ของร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีโครโมโซมที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดข้อมูลทางพันธุกรรมอยู่ 2 ชุดเข้าด้วยกัน เรียกว่าโครโมโซมคู่เหมือน และจากที่กล่าวมาแล้วว่า ยีนซึ่งเป็นตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมจะอยู่บนโครโมโซม ด้วยเหตุนี้ ถ้าพิจารณาลักษณะทางพันธุกรรมลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น ลักษณะสีของดอก จะพบว่าถ้ามียีนที่ควบคุมลักษณะสีของดอกอยู่บนโครโมโซมแท่งหนึ่ง โครโมโซมที่เป็นคู่เหมือนก็จะมียีนที่ควบคุมลักษณะสีของดอกอยู่ด้วยเช่นกัน

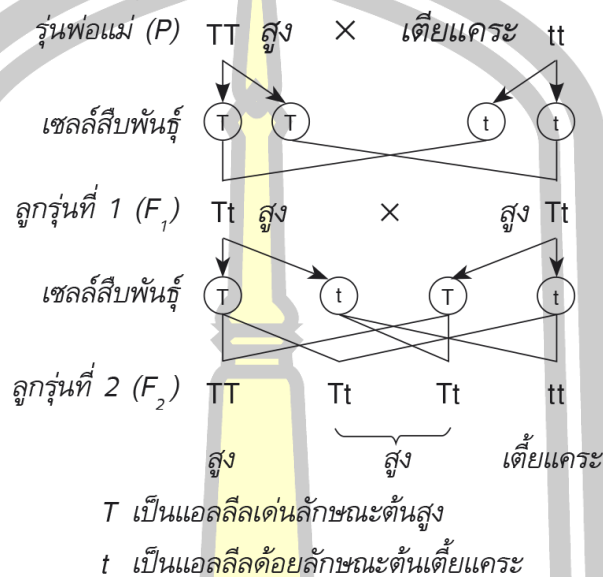
อัลลีล (allele) คือ ยีนที่ควบคุมลักษณะเดียวกันแต่ต่างรูปแบบกันถึงแม้จะอยู่บนโครโมโซมคู่เหมือนตรงตำแหน่งเดียวกันก็ตาม เช่น ลักษณะตี่งหู จะมียีนที่ควบคุมอยู่ 2 อัลลีล หรือ 2 แบบ คืออัลลีลที่ควบคุมการมีตี่งหู (ให้สัญลักษณ์เป็น B) และอัลลีลที่ควบคุมการไม่มีตี่งหู (ให้สัญลักษณ์เป็น b)

จีโนไทป์ (genotype) คือลักษณะการจับคู่กันของอัลลีลของยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งมี 2 ลักษณะได้แก่

1. ลักษณะพันธุ์แท้ (homozygouse) เป็นการจับคู่กันของยีนที่มีอัลลีลเหมือนกัน เช่น อัลลีลควบคุมการมีตี่งหู 2 อัลลีลจับคู่กัน (BB) อัลลีลที่ควบคุมการไม่มีตี่งหูจับคู่กัน (bb)
2. ลักษณะพันธุ์ทาง (heterozygouse) เป็นการจับคู่กันของยีนที่มีอัลลีลต่างกัน เช่น อัลลีลควบคุมการมีตี่งหูจับคู่กับอัลลีลที่ควบคุมการไม่มีตี่งหู (Bb)

ฟีโนไทป์ (phenotype) หมายถึง ลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมของจีโนไทป์ ซึ่งแสดงออกมาให้เห็นหรือปรากฏแก่ภายนอก เช่นจำนวนชั้นของหนังสือตา ลักษณะสีตา สีผิว ความสูง เป็นต้น

การแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรม



จากการทดลองการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดลกล่าวว่า “เมื่อ มีอัลลีลที่แตกต่างกัน 2 อัลลีล อัลลีลหนึ่งจะแสดงออกมาได้ดีกว่า อัลลีลหนึ่ง อัลลีลที่แสดงออกมาได้ดีกว่า เรียกว่า อัลลีลเด่น (dominant allele) จะบดบังอัลลีลที่แสดงออกมาไม่ดีกว่า เรียกว่า อัลลีลด้อย (recessive allele)” หรือกล่าวได้ว่า ลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรมที่เกิด จากการจับคู่ของยีน จากพ่อและแม่ และถ่ายทอดมาสู่รุ่นลูกหลาน จะมีการแสดงออกได้ 2 ลักษณะดังนี้

- ลักษณะเด่น (dominant) หมายถึง ลักษณะที่ปรากฏออกมาในทุก ๆ รุ่นอย่างเด่นชัด ซึ่งเกิดจากการจับคู่ของอัลลีลที่ควบคุมลักษณะเด่น เหมือนกันจับคู่กันหรืออาจเกิดจากการที่อัลลีลด้อยถูกข่มด้วยอัลลีลเด่นที่จับคู่กัน
- ลักษณะด้อย (recessive) หมายถึง ลักษณะที่แอบแฝงไม่แสดงออกมาให้เห็น เมื่ออยู่คู่กับลักษณะเด่น แต่จะแสดงออกเมื่อมีการเข้าคู่กับลักษณะด้อย เหมือนกัน ซึ่งโอกาสที่จะแสดงออกให้เห็นจะมีน้อยกว่าการแสดงออก ของลักษณะเด่น

แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

กิจกรรมที่ เรื่อง

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน/ผู้สังเกตการ ประเมินจากการทำงานในใบกิจกรรมของนักเรียน โดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric score)

เลขที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การแปลผล	หมายเหตุ
	ข้อสรุป (3)	ประจักษ์พยาน (3)	การเขียน (3)			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						
16.						

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

(.....)

..... / /

เกณฑ์การประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	0 (ปรับปรุง)	1 (ผ่าน)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
ข้อสรุป (Claim)	ข้อสรุปไม่เชื่อมโยงกับคำถาม ไม่มีข้อสรุป หรือข้อสรุปไม่ถูกต้อง	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม แต่ไม่มีเหตุผลรองรับ	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม มีเหตุผลรองรับแต่ยังไม่ครบถ้วน	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม มีเหตุผลรองรับ ครบถ้วนสมบูรณ์
ประจักษ์พยาน (Evidence)	ไม่ได้อ้างอิงประจักษ์พยาน หรืออ้างอิงประจักษ์พยานที่ไม่เหมาะสม และไม่ได้สนับสนุนข้อสรุป	มีการอ้างอิงประจักษ์พยาน แต่ไม่มีความสอดคล้อง ไม่สามารถสนับสนุนข้อมูลได้	อ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป	อ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป
การเขียน (Writing)	ไม่มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนหรืออ้างอิงเนื้อหาที่เรียนและไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน แต่ไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน และมีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน แต่ยังไม่ครบถ้วน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนได้อย่างถูกต้อง และมีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน เพียงพอ

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
0 – 1 คะแนน	ต้องปรับปรุง
2 - 3 คะแนน	ผ่าน
4 – 5 คะแนน	พอใช้
6 – 9 คะแนน	ดี

แบบประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในการปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง โดยให้ระดับคะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียน

3 = ดีมาก 2 = ดี 1 = พอใช้ 0 = ต้องปรับปรุง

ที่	กลุ่ม	รายการประเมิน รวมคะแนน 9 คะแนน			สรุปผลการประเมิน		
		ทดลองและสรุปผลการทดลอง (3)	การใช้อุปกรณ์ (3)	การจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือ (3)	คะแนนที่ได้	ผ่าน	ไม่ผ่าน
1	กลุ่มที่ 1						
2	กลุ่มที่ 2						
3	กลุ่มที่ 3						
4	กลุ่มที่ 4						
5	กลุ่มที่ 5						

การประเมินร้อยละ 70 ขึ้นไปผ่านต่ำกว่าร้อยละ 70 ไม่ผ่าน
ผู้ผ่านเกณฑ์การประเมิน ต้องได้คะแนนตั้งแต่ 7 คะแนนขึ้นไป

ระดับคุณภาพ

คะแนน 7 - 9 หมายถึง ดีมาก

คะแนน 4 - 6 หมายถึง ดี

คะแนน 0 - 3 หมายถึง ปรับปรุง

ลงชื่อ ผู้ประเมิน

.....

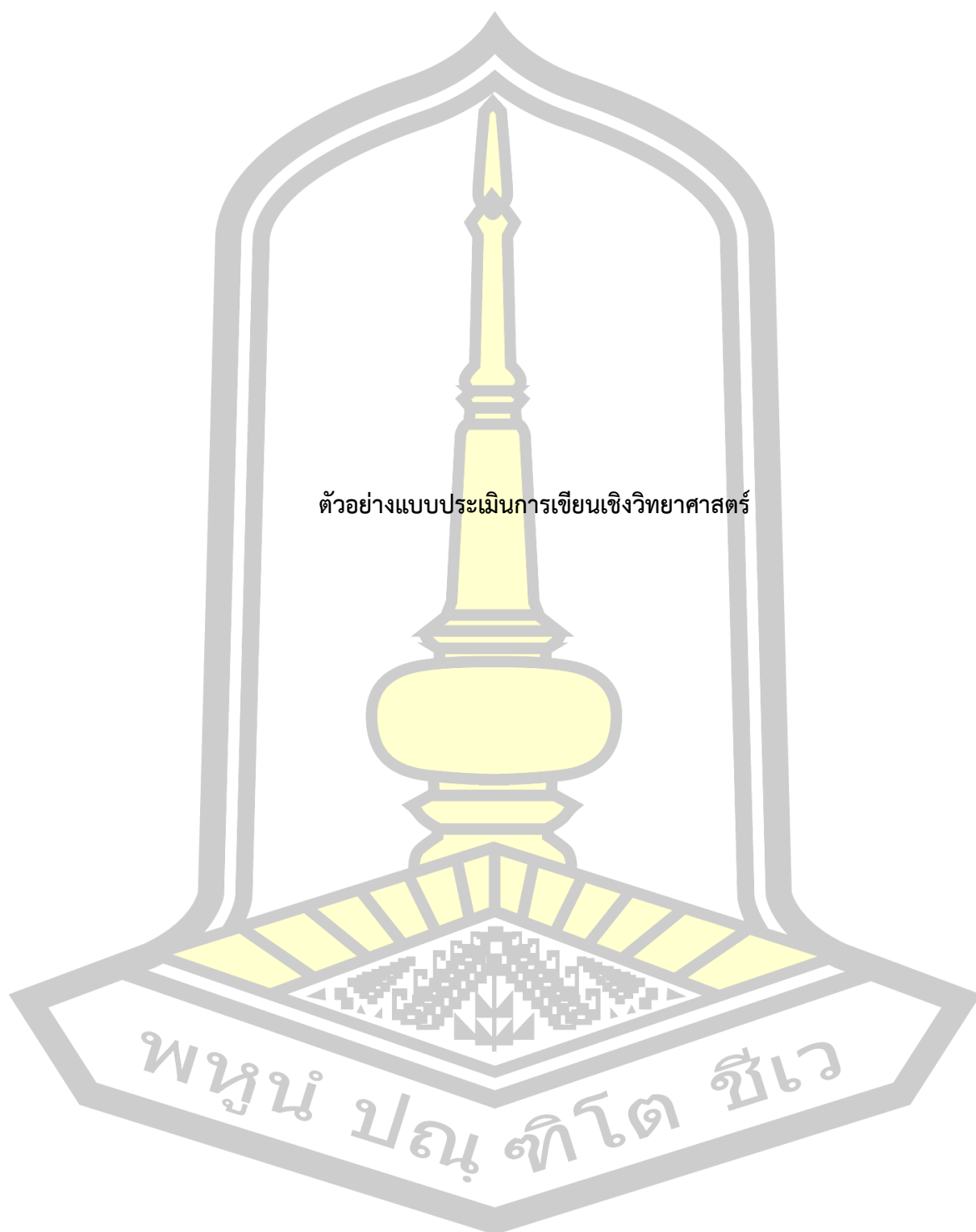
..... / /

พ.บ. บ.บ. ท.บ. ข.บ.

เกณฑ์การประเมินทักษะในการปฏิบัติการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับคะแนน			
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
1. ทดลองและสรุปผล	ทดลองได้ครบตามขั้นตอนและสรุปผลได้ถูกต้อง	ทดลองไม่ครบทุกขั้นตอนแต่สรุปผลถูกต้อง	ทดลองครบทุกขั้นตอนแต่สรุปผลไม่ถูกต้อง	ไม่ทดลองตามวิธีการและสรุปผลไม่ถูกต้อง
2. การใช้อุปกรณ์	ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง	ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องแต่ต้องได้รับความแนะนำเป็นบางส่วน	ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องแต่ต้องได้รับความแนะนำตลอด	ใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้องถึงแม้จะได้รับการแนะนำ
3.การจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ	เก็บรักษาอย่างเป็นระเบียบ อุปกรณ์อยู่ในสภาพดี	เก็บรักษาไม่เป็นระเบียบ แต่อุปกรณ์อยู่ในสภาพดี	เก็บรักษาโดยไม่ได้ดูความเรียบร้อยของอุปกรณ์	ต้องเตือนให้มีการเก็บรักษาหรือทำอุปกรณ์ชำรุดโดยประมาท

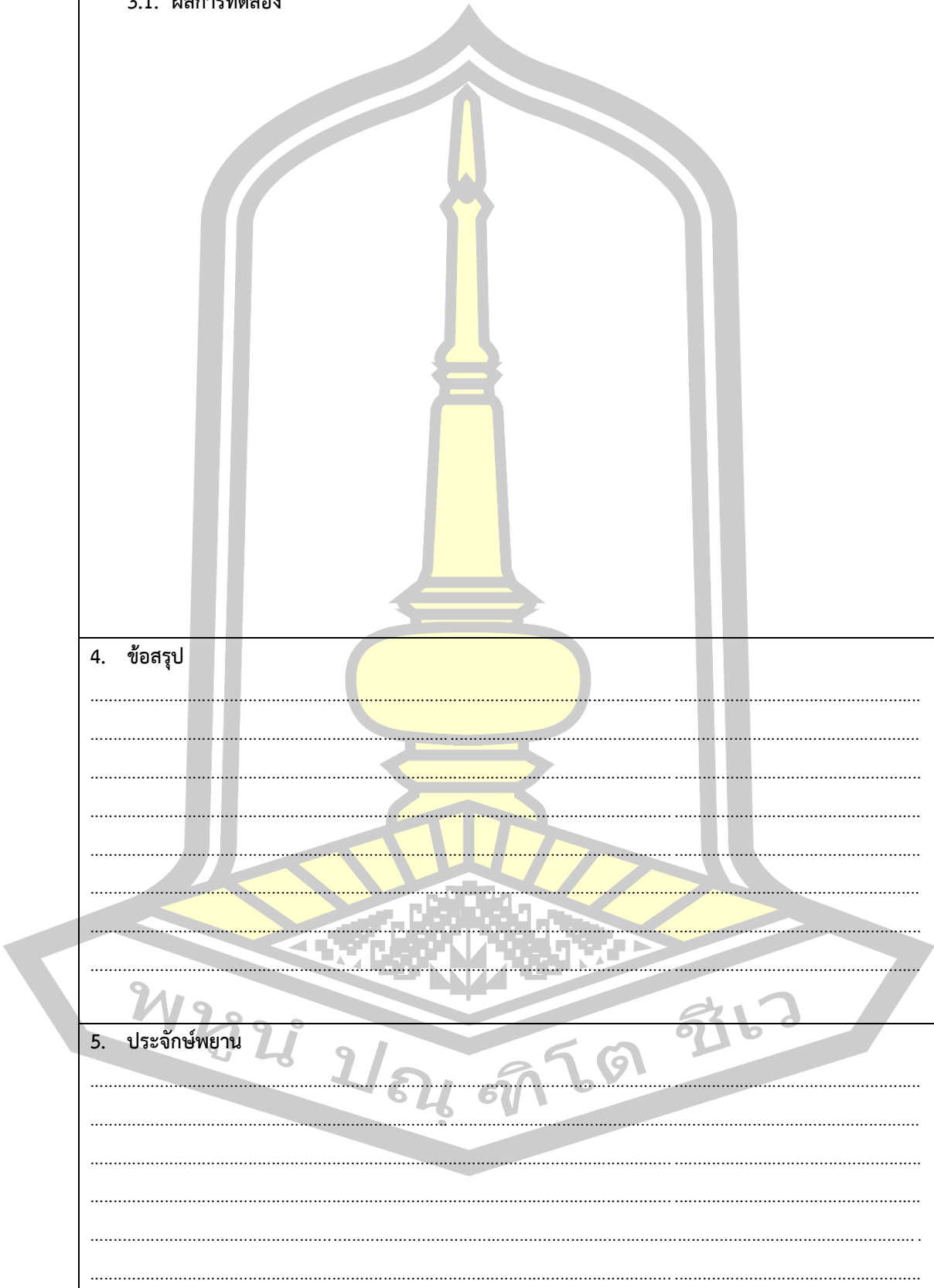
พหุ ประถมศึกษา



ตัวอย่างแบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

3. การสังเกต

3.1. ผลการทดลอง

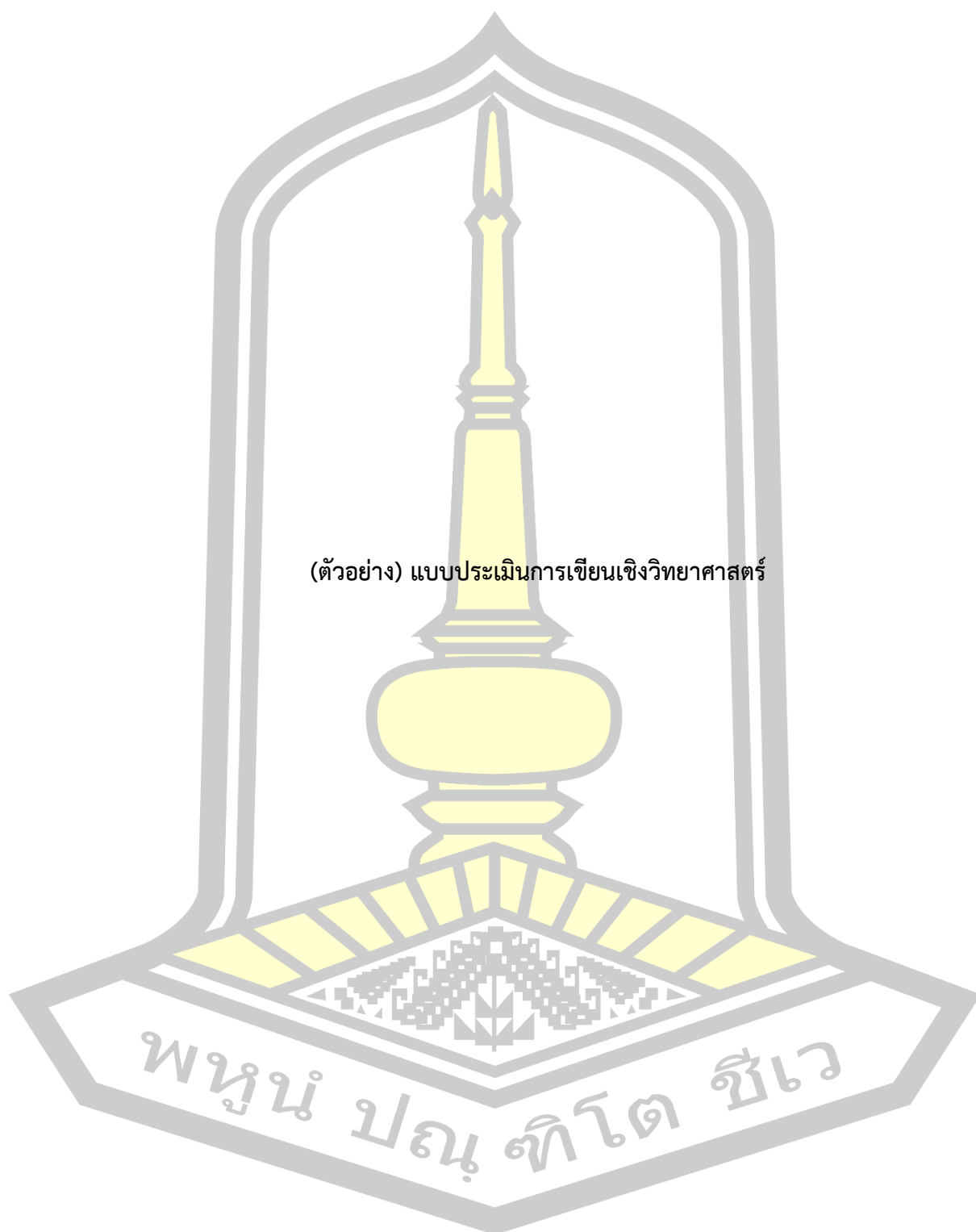


4. ข้อสรุป

5. ประจักษ์พยาน

<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
<p>6. การอ่าน</p>	
<p>6.1. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนในกลุ่มอื่นหลังจากอภิปราย</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>6.2. แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งที่มาภายนอก (ระบุแหล่งที่มา ผู้แต่ง หัวข้อ และความรู้ที่ได้รับ)</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p>7. การสะท้อนความคิด</p> <p>7.1. แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ พร้อมระบุเหตุผล</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	
<p>8. การเขียน</p> <p>8.1. สรุปผลการทดลอง</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	





(ตัวอย่าง) แบบประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

กิจกรรมที่ เรื่อง

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน/ผู้สังเกตการ ประเมินจากการทำงานในใบกิจกรรมของนักเรียน โดยให้ระดับ
คะแนนลงในตารางที่ตรงกับพฤติกรรมของผู้เรียนตามเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric score)

เลขที่	รายการประเมิน			คะแนนที่ได้	การแปลผล	หมายเหตุ
	ข้อสรุป (3)	ประจักษ์พยาน (3)	การเขียน (3)			
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						
16.						

ลงชื่อ ผู้ประเมิน
(.....)

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

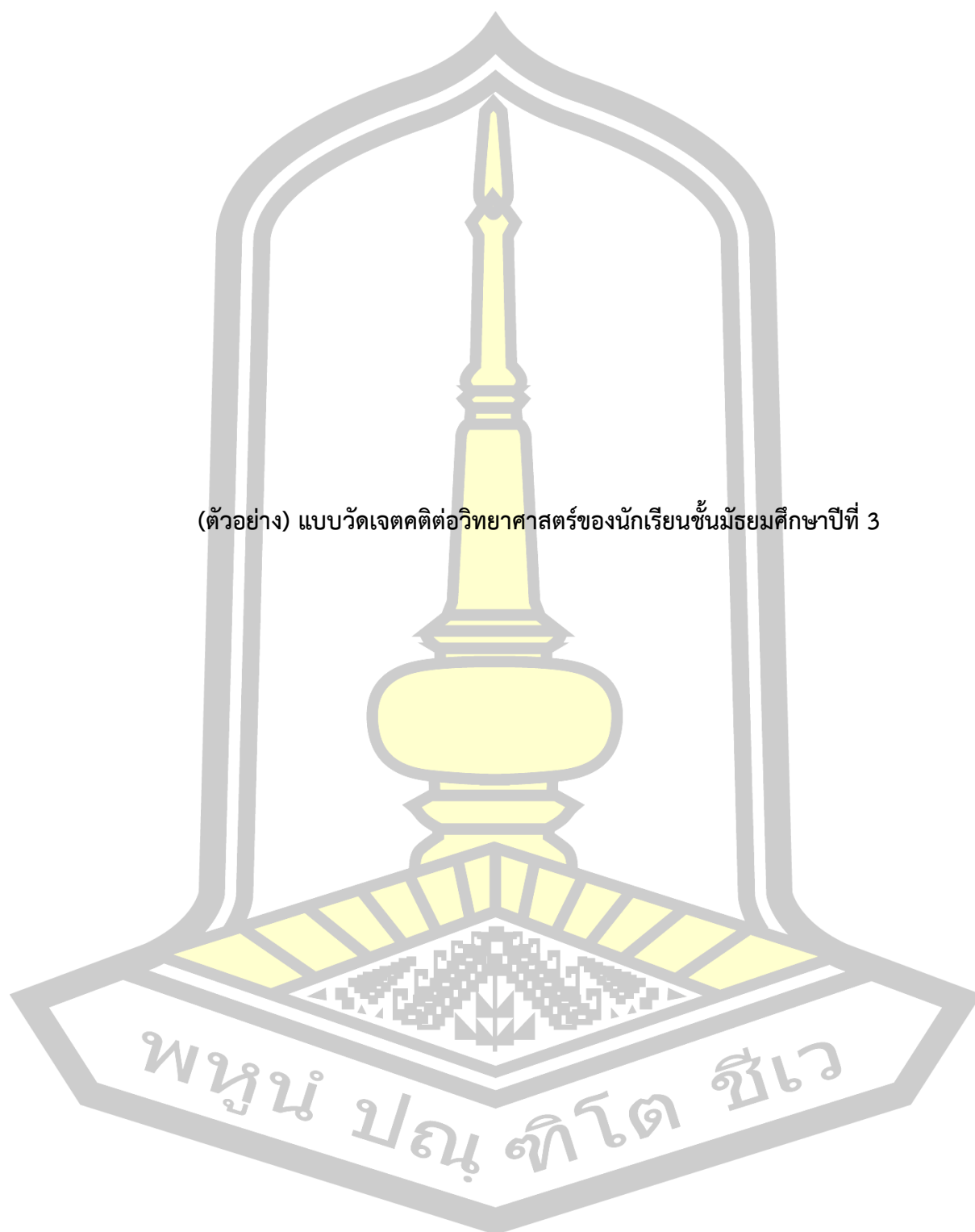
ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
0 - 1 คะแนน	ต้องปรับปรุง
2 - 3 คะแนน	ผ่าน
4 - 5 คะแนน	พอใช้
6 - 9 คะแนน	ดี

เกณฑ์การประเมินการเขียนเชิงวิทยาศาสตร์

หัวข้อที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	0 (ปรับปรุง)	1 (ผ่าน)	2 (พอใช้)	3 (ดี)
ข้อสรุป (Claim)	ข้อสรุปไม่เชื่อมโยงกับคำถาม ไม่มีข้อสรุป หรือข้อสรุปไม่ถูกต้อง	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม แต่ไม่มีเหตุผลรองรับ	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม มีเหตุผลรองรับแต่ยังไม่ครบถ้วน	ข้อสรุปถูกต้อง เชื่อมโยงคำถาม มีเหตุผลรองรับ ครบถ้วนสมบูรณ์
ประจักษ์พยาน (Evidence)	ไม่ได้อ้างอิงประจักษ์พยาน หรืออ้างอิงประจักษ์พยานที่ไม่เหมาะสม และไม่ได้สนับสนุนข้อสรุป	มีการอ้างอิงประจักษ์พยาน แต่ไม่มีความสอดคล้อง ไม่สามารถสนับสนุนข้อมูลได้	อ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสม แต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป	อ้างอิงประจักษ์พยานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุนข้อสรุป
การเขียน (Writing)	ไม่มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนหรืออ้างอิงเนื้อหาที่เรียนและไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน แต่ไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียน และมีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปกับประจักษ์พยาน แต่ยังไม่ครบถ้วน	มีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่เรียนได้อย่างถูกต้อง และมีการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและประจักษ์พยาน เพียงพอ

เกณฑ์การตัดสินระดับคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
0 – 1 คะแนน	ต้องปรับปรุง
2 – 3 คะแนน	ผ่าน
4 – 5 คะแนน	พอใช้
6 – 9 คะแนน	ดี



คำชี้แจง

- แบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์นี้มีทั้งหมด 30 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยข้อความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ อยู่ทางด้านซ้ายมือ ส่วนด้านขวาเป็นระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	หมายถึง	เห็นด้วย
3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ให้นักเรียนพิจารณาข้อความในแต่ละข้อความแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด
- ในการตอบแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิด เพราะเกิดจากความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน และคำตอบของนักเรียนไม่เกี่ยวข้องกับการตัดสินผลการเรียนของนักเรียนใด ๆ ทั้งสิ้น

ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

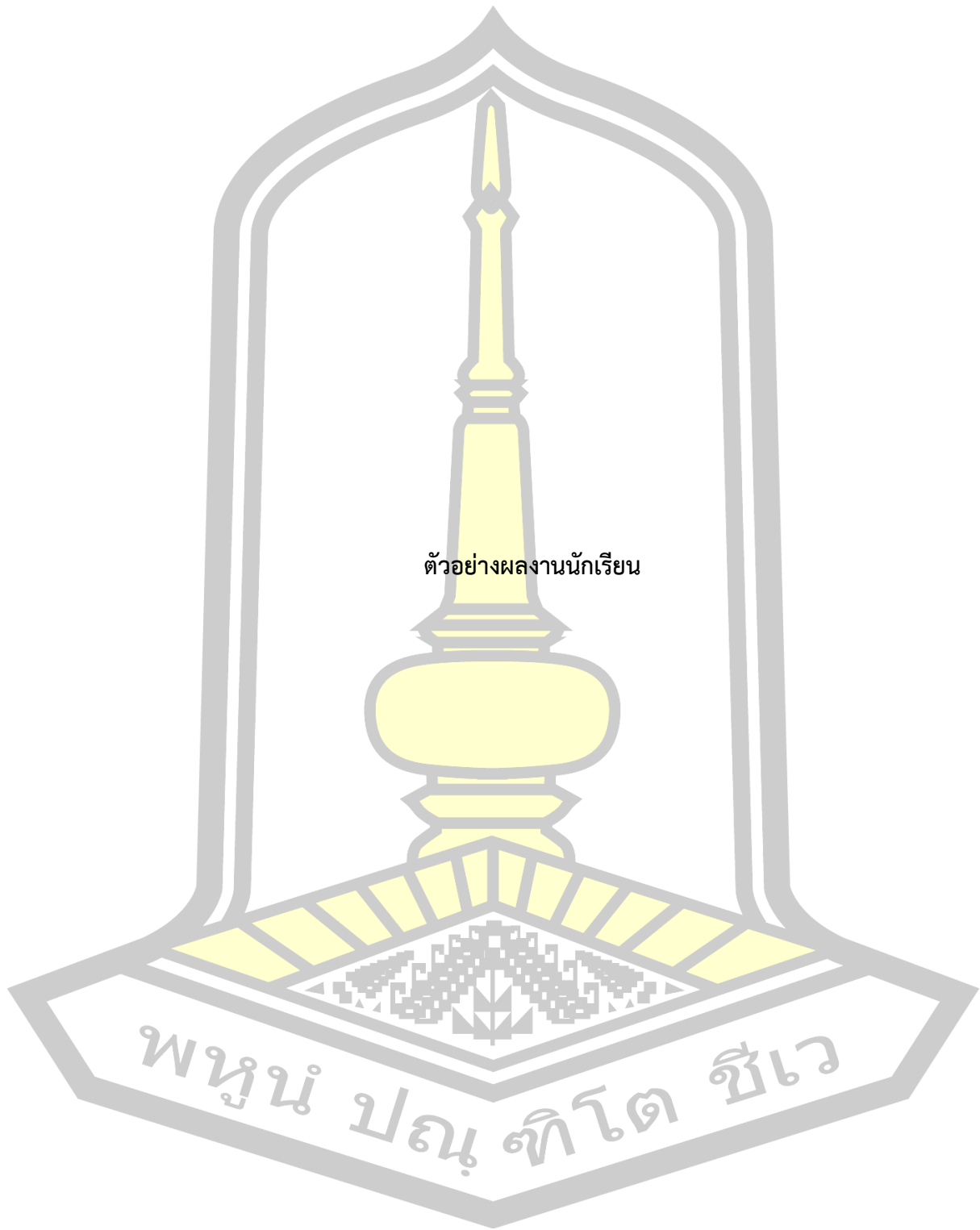
พูนุ ปณู ทิโต ชีเว

ที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง (5)	เห็นด้วย (4)	ไม่แน่ใจ (3)	ไม่เห็น ด้วย (2)	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง (1)
ด้านที่ 1 ความสนใจในวิทยาศาสตร์						
1.	วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่เครียดและน่าเบื่อ					
2.	วิทยาศาสตร์ควรเป็นวิชาเลือกไม่ใช่วิชาหลัก					
3.	วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ทุกคนต้องศึกษา					
4.	ข้าพเจ้าอยากให้โรงเรียนมีนันทรรคการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
5.	ถ้าข้าพเจ้ามีโอกาสเลือกเรียนต่อข้าพเจ้าจะเลือกเรียนในสาขาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
6.	การที่ครูให้ศึกษาแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในขณะที่สอนเป็นเรื่องที่ไม่จำเป็น					
7.	ความรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่น่าสนใจ					
8.	ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการดูสารคดีเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่น่าสนใจ					
9.	ข้าพเจ้าไม่อ่านหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์					
10.	ข้าพเจ้าไม่เลือกชุมนุมทางวิทยาศาสตร์					
ด้านที่ 2 การสนับสนุนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์						
11.	วิทยาศาสตร์ทำลายต่อการพิสูจน์ค้นคว้าและทดลองให้ได้ความรู้ใหม่					
ที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วย อย่างยิ่ง (5)	เห็นด้วย (4)	ไม่แน่ใจ (3)	ไม่เห็น ด้วย (2)	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง (1)
12.	วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์คิดอย่างมีเหตุผล					

13.	ความรู้วิทยาศาสตร์เรียนรู้ได้ยากและซับซ้อน					
14.	ข้าพเจ้าต้องการศึกษาหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้พัฒนาประเทศ					
15.	ข้าพเจ้ามักใช้เวลาว่างในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์					
16.	ข้าพเจ้าชอบให้โรงเรียนจัดประกวดโครงการทางวิทยาศาสตร์					
17.	ข้าพเจ้าชอบค้นคว้า แสวงหาอ่านหนังสือและตำราทางวิทยาศาสตร์					
18.	การอ่านบทความเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ เป็นสิ่งที่น่าเบื่อ					
19.	ข้าพเจ้ามักนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน					
20.	ข้าพเจ้าแสดงความคิดเห็นภายใต้หลักการและเหตุผลเสมอ					
ด้านที่ 3 ความรับผิดชอบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม						
21.	ความก้าวหน้าของการศึกษาในวิทยาศาสตร์ทำให้ประเทศชาติเจริญ					
ที่	ข้อความถาม	ระดับความคิดเห็น				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง (5)	เห็นด้วย (4)	ไม่แน่ใจ (3)	ไม่เห็นด้วย (2)	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (1)
22.	ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติถูกทำลาย					
23.	วิทยาศาสตร์มุ่งพัฒนาวัตถุโดยไม่คำนึงถึงการพัฒนาด้านจิตใจ					
24.	ข้าพเจ้ารู้สึกชื่นชม เมื่อพบว่าบุคคลนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาอาชีพและท้องถิ่น					
25.	ถ้าข้าพเจ้ามีโอกาสข้าพเจ้าจะรณรงค์ให้ประชาชนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการพัฒนาประเทศ					

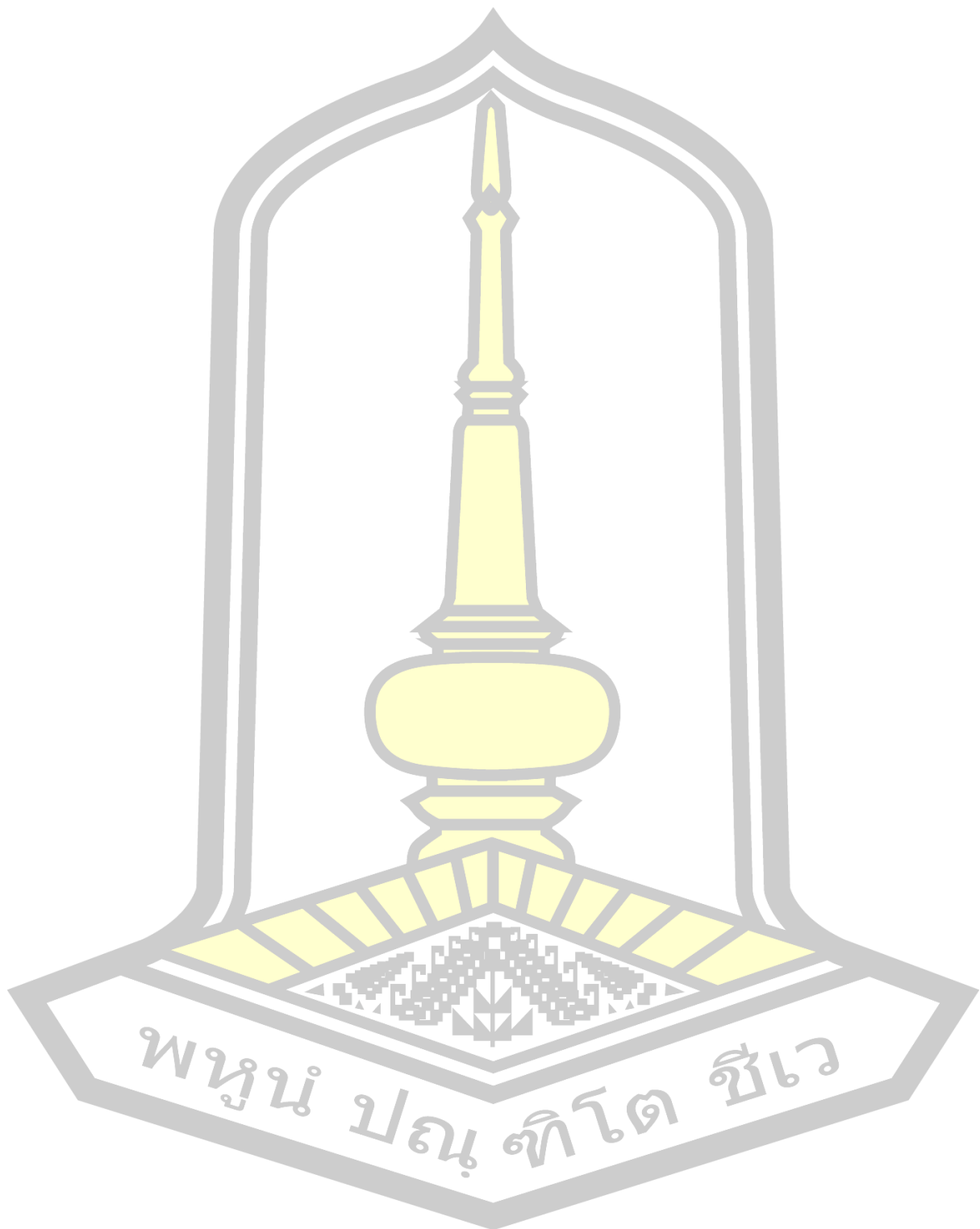
26.	ความรู้วิทยาศาสตร์สามารถทำให้ ข้าพเจ้าช่วยรักษาทรัพยากรและ สิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน					
27.	องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่สามารถ นำมาใช้พัฒนาชีวิตของข้าพเจ้าได้					
28.	การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเสมอไป					
29.	การรักษาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม จำเป็นต้องใช้องค์ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์					
30	วิทยาศาสตร์ไม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม					
รวม						

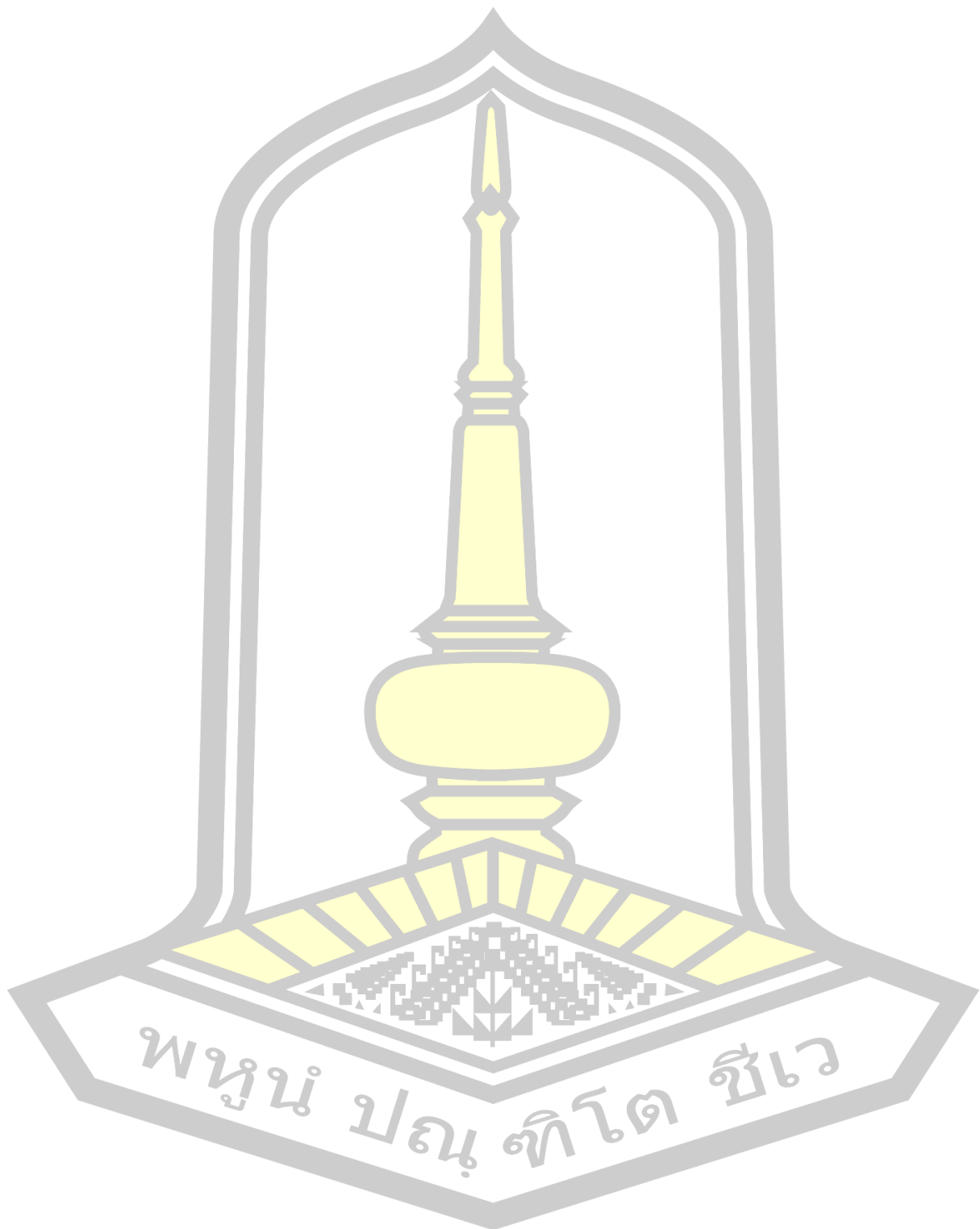




ตัวอย่างผลงานนักเรียน

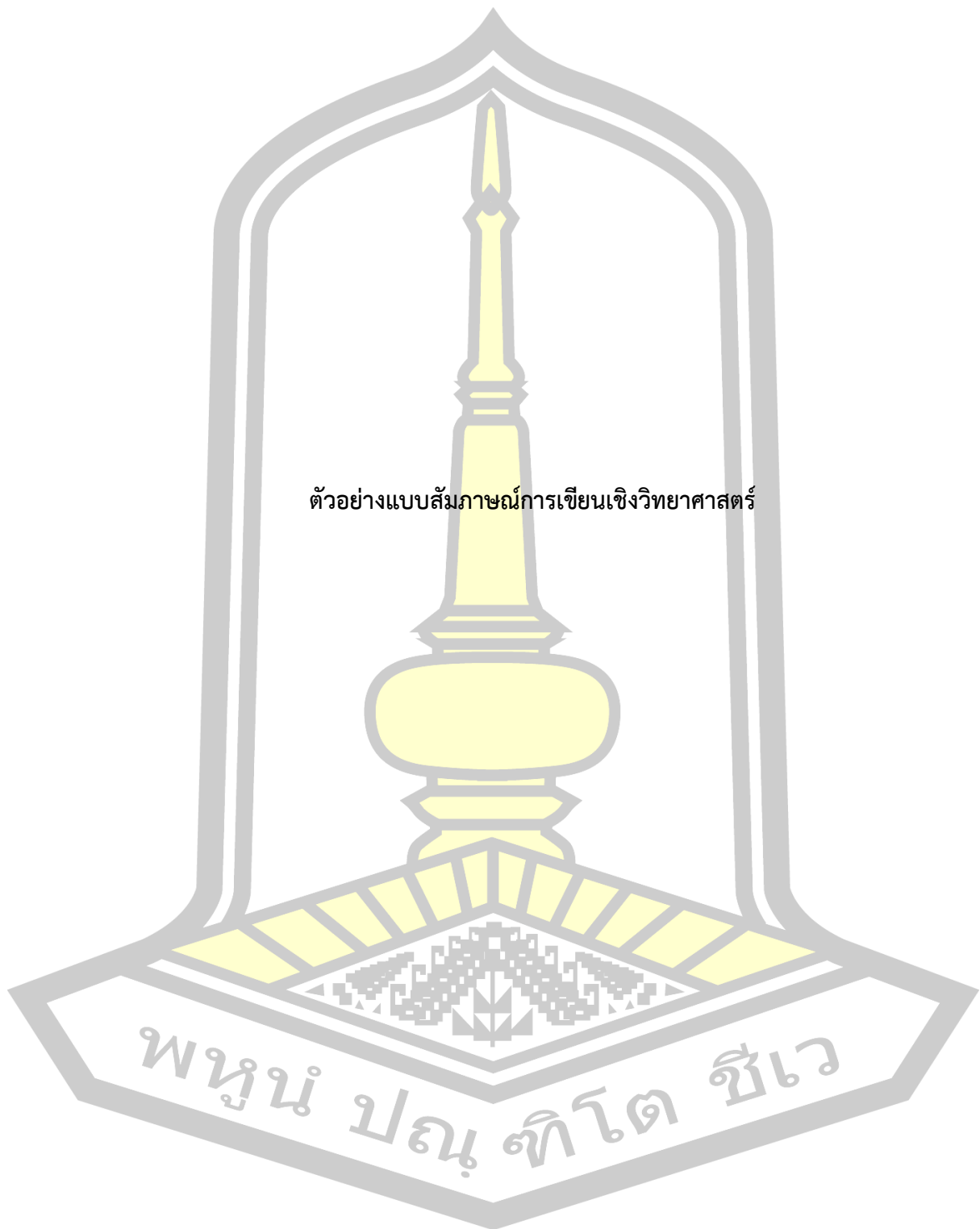
พหุ ประจัน ชิต ชัยเว



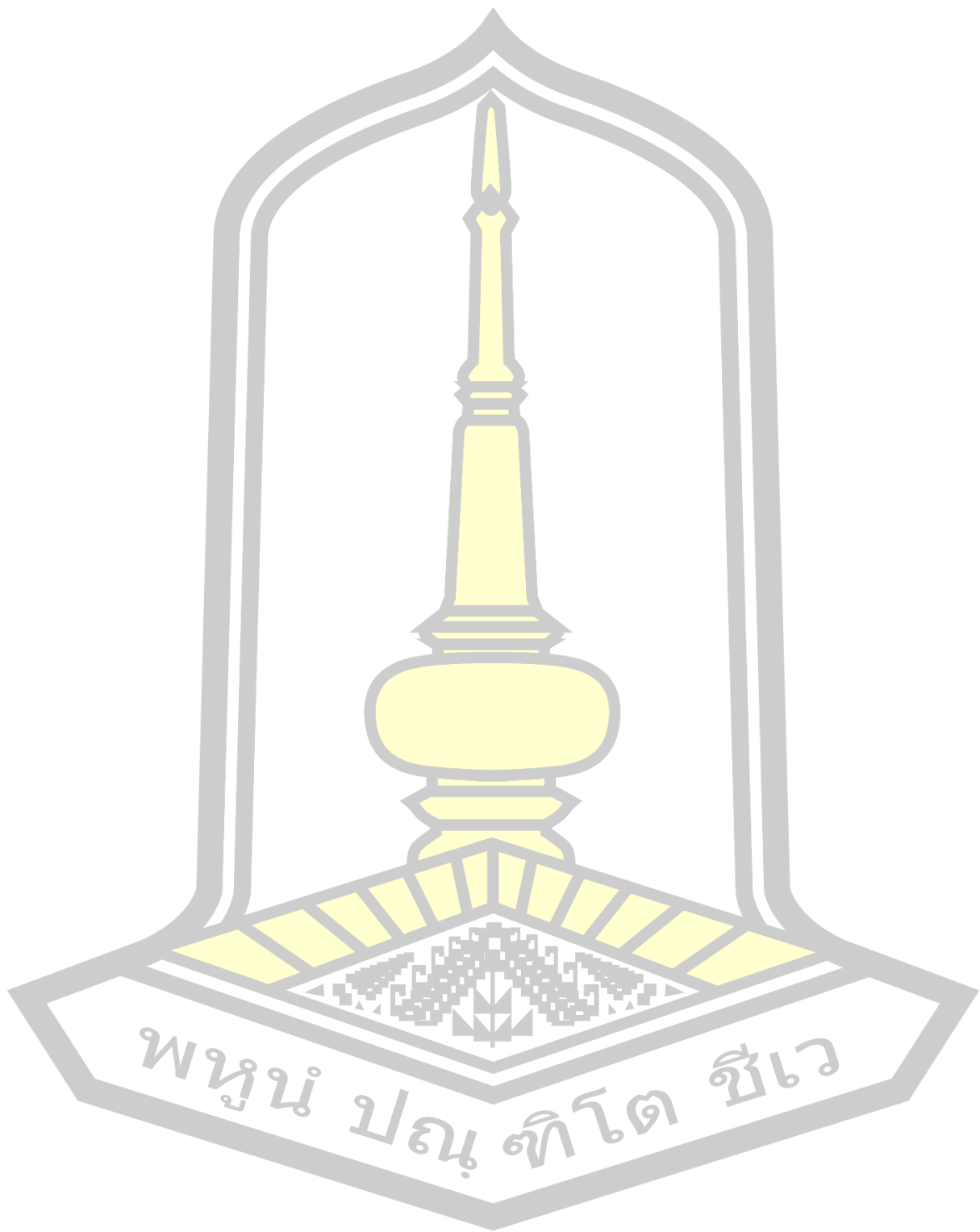


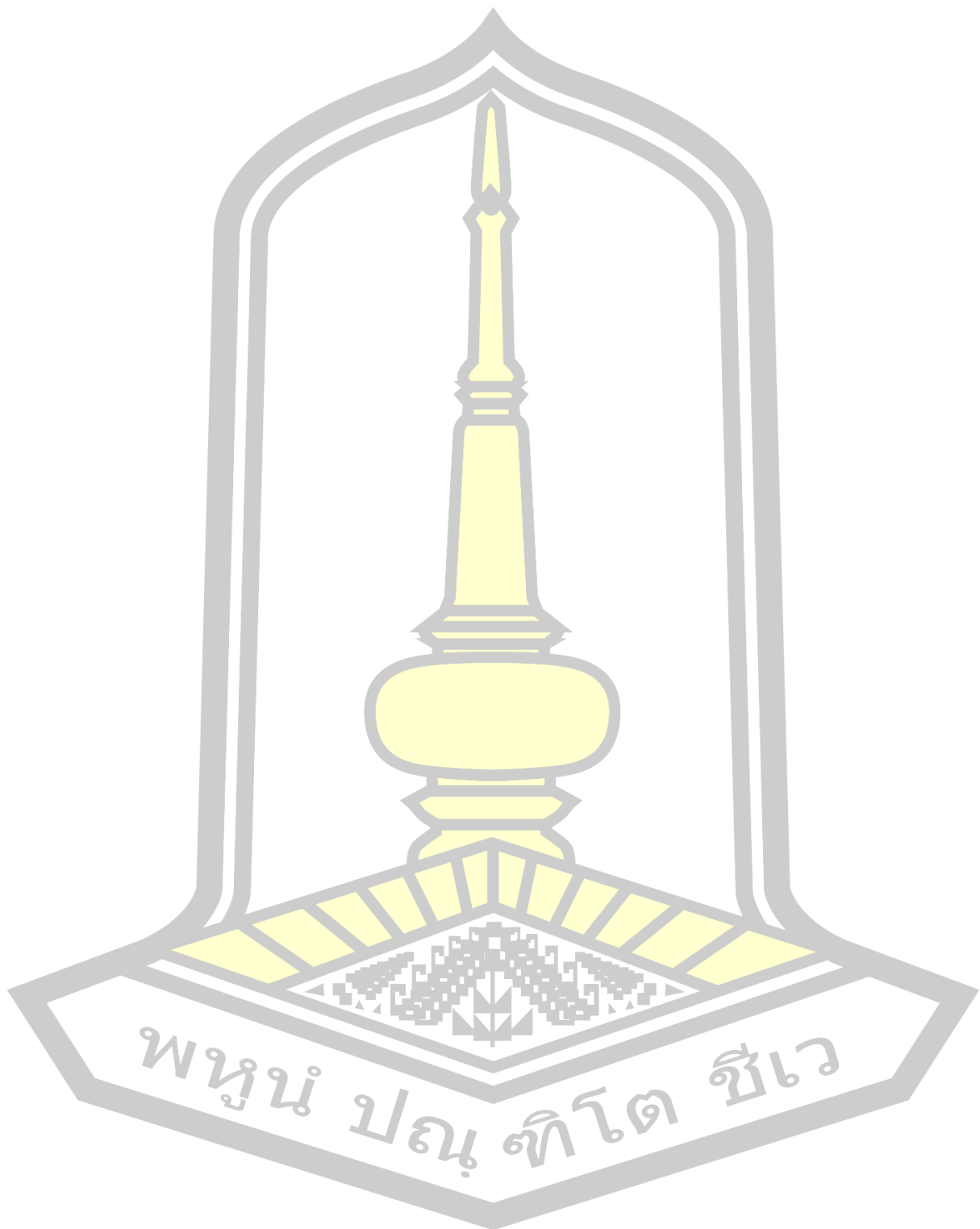






ตัวอย่างแบบสัมภาษณ์การเขียนเชิงวิทยาศาสตร์





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	จิรันตร์ นันทะเสน
วันเกิด	26 เมษายน 2537
สถานที่เกิด	ศรีสะเกษ
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	112/11 ม.5 ต.หนองครก อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู โรงเรียนหนองอารีพิทยา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนหนองอารีพิทยา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2551 มัธยมศึกษาปีที่ 1-3 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จ.ศรีสะเกษ พ.ศ. 2554 มัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนศรีสะเกษวิทยาลัย จ.ศรีสะเกษ พ.ศ. 2559 ปริญญาการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2563 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาชีววิทยาศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูนัน ปณุกิตโต ชีวะ