



การพัฒนากิจกรรมที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3

DEVELOPMENT OF MODEL BASED LEARNING LABORATORY KITS ON BASIC
ELECTRICITY FOR NINTH GRADE STUDENTS

ธนวัฒน์ สิงห์ปลอด

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2562

การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF MODEL BASED LEARNING LABORATORY KITS ON
BASIC ELECTRICITY FOR NINTH GRADE STUDENTS



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF EDUCATION (Educational Science & Learning Management)

Faculty of Education Srinakharinwirot University

2019

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 3
ของ
ธนวัฒน์ สิงห์ปลอด

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ) (รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

..... ที่ปรึกษาร่วม กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์) (อาจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ผู้วิจัย	ธนวัฒน์ สิงห์ปลอด
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เกริก ศักดิ์สุภาพ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพรกประชาสรรค์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 20 คน ที่ได้มาจากวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 21 คาบ เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น 2) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานได้แก่ การทดสอบค่าที (t-test for dependent sample และ t-test for one sample) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : บทปฏิบัติการ, การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Title	DEVELOPMENT OF MODEL BASED LEARNING LABORATORY KITS ON BASIC ELECTRICITY FOR NINTH GRADE STUDENTS
Author	THANAWAT SINGPLOD
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2019
Thesis Advisor	Assistant Professor Krirk Saksupub , Ed.D.

The purposes of this study were as follows: (1) to create model based learning laboratory kits on basic electricity for ninth grade students; and (2) to study achievement levels and science skills. The research design was a one-group pretest posttest design. The sample consisted of twenty grade nine students in the second semester of the 2018 academic year at Banprak Prachasan school. The sample in this study was selected by cluster sampling. The duration of the teaching period was twenty-one hours. The instruments used in the research included the following: (1) model based learning laboratory kits; (2) lesson plans emphasizing model based learning; (3) an achievement test; and (4) a science skills test. The hypothesis was tested by a t-test for one sample and a t-test for the dependent sample. The results of this study were as follows: 1) students who learned through model based learning laboratory kits had higher levels of achievement after learning than before learning; and after learning it was higher than the set criteria of 60% and a significance of .01, and (2) students who learned through model based learning laboratory kits had science skills after learning were higher than before learning and after learning was higher than the set criteria of 60% and had a .01 level of significance.

Keyword : Model based learning, Laboratory kits, Achievement, Science skills

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกริก ศักดิ์สุภาพ ที่ปรึกษา และรองศาสตราจารย์ ดร.สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ทุกขั้นตอนจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณสวรงค์ ผลโคก ที่กรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์และ อาจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง ที่เป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์และทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุศิษฐ์ ทองนำ อาจารย์โอบาส สุขหวาน อาจารย์เพ็ญจันทร์ นาคะรังษี อาจารย์อัษฎายุทธ จินพล และอาจารย์ไพฑูรย์ ธิราพีช ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการสร้างเครื่องมือวิจัยครั้งนี้

กราบขอบพระคุณ นางสาวพัชรี ศรีสุวรรณ ผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ และคณะครูโรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ วิชาเอกวิทยาการการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยช่วยเหลือและคอยให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา

ขอขอบใจนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ทุกคนที่ให้ความร่วมมือและตั้งใจในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา น้องสาว ญาติพี่น้องทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ธนวัฒน์ สิงห์ปลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการศึกษา.....	4
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ระยะเวลาในการทำวิจัย.....	4
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	7
สมมติฐานในการวิจัย.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	10
1.1 ความหมายของแบบจำลอง.....	10
1.2 ประเภทของแบบจำลอง.....	10

1.3 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง	11
1.4 ความหมายและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	12
1.5 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	12
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	19
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ	21
2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการ	21
2.2 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ.....	21
2.3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ.....	21
2.4 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ.....	22
2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ	22
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ.....	29
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	31
3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	31
3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	33
3.3 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัย	35
3.4 ประเภทของการให้คะแนนข้อสอบอัตนัย	37
3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	38
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	39
4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	39
4.2 ลำดับขั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	39
4.3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	41
4.4 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ	42
4.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	43

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	45
บทที่ 3 วิธีการดำเนินวิจัย.....	46
ระยะที่ 1 เตรียมการ.....	46
ระยะที่ 2 สร้างบทปฏิบัติการและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
ระยะที่ 3 ดำเนินการวิจัย	54
ประชากร	54
กลุ่มตัวอย่าง.....	54
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	54
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	55
แบบแผนการวิจัย	55
ขั้นตอนดำเนินการทดลอง	56
ระยะที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูล	57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	58
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	58
ตอนที่ 1 ผลการสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น	59
ตอนที่ 2 ผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น ที่ส่งเสริม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้...	61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	66
สรุปผลการวิจัย	67
อภิปรายผลการวิจัย	68
ข้อเสนอแนะ	73
1. ข้อเสนอแนะในการนำวิจัยไปใช้	73
2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	73

บรรณานุกรม.....	74
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก.....	81
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	81
ภาคผนวก ข.....	83
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	83
ภาคผนวก ค.....	87
การตรวจคุณภาพของเครื่องมือ.....	87
ภาคผนวก ง.....	99
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	99
ภาคผนวก จ.....	124
ภาพกิจกรรมขณะการจัดการเรียนรู้และผลงานนักเรียน.....	124
ประวัติผู้เขียน.....	131

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	18
ตาราง 2 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน	24
ตาราง 3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน	28
ตาราง 4 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร	46
ตาราง 5 ชื่อและเวลาที่ใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการ	47
ตาราง 6 แสดงการจัดทำเครื่องมือสำหรับวิจัย	53
ตาราง 7 ระยะเวลาในการวิจัย.....	55
ตาราง 8 แบบแผนการทดลอง	56
ตาราง 9 ดัชนีความสอดคล้องในแต่ละบทปฏิบัติการ	59
ตาราง 10 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ	61
ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย	62
ตาราง 12 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับ	63
ตาราง 13 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งรายด้านและภาพรวม หลังเรียนของ	64
ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ	88
ตาราง 15 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน.....	89
ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะ	90

ตาราง 17 คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้น ..	92
ตาราง 18 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ	93
ตาราง 19 การวางแผนและออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	97
ตาราง 20 การวางแผนและออกข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	98



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย	7
ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modeling)	13
ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	15
ภาพประกอบ 4 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการและการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็น ฐาน	27



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญอุตสาหกรรมหนึ่งในประเทศไทย มีการส่งออกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 25 ของอุตสาหกรรมทั้งหมด และมีสัดส่วนคิดเป็นร้อยละ 20 ของการส่งออกทั้งหมด(นลินทิพย์ ภักศวีกุลกำธร, 2561) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยจึงก่อให้เกิดการจ้างงานขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีแรงงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์กว่า 5 แสนคน แม้จะมีอัตราการจ้างงานเป็นจำนวนมาก แต่แนวโน้มการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้นลดลง ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของการขยายตัวทางอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายปัจจัย เช่น การขาดแคลนบุคลากรด้านแรงงาน ปัญหาด้านคุณภาพแรงงาน หรือแม้กระทั่งปัญหาด้านค่าแรงของแรงงาน(ธัญญลักษณ์ วีระสมบัติ, 2558, น. 16-18)

จากการศึกษาได้สรุปผลการศึกษาปัญหาด้านคุณภาพแรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า กลุ่มช่างเทคนิคซึ่งส่วนใหญ่มีวุฒิการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นแรงงานกลุ่มที่ผู้ประกอบการกังวลมากที่สุดและขาดแคลนมากที่สุด โดยทักษะที่จำเป็นสำหรับช่างเทคนิค ได้แก่ 1) ทักษะช่างพื้นฐาน 2) ทักษะการติดตั้ง 3) ทักษะการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่อง 4) ทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และ 5) ทักษะการคิดวิเคราะห์และการเรียนรู้ และได้เสนอแนวทางในการปรับปรุง พัฒนาคุณภาพแรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า ภาครัฐควรร่วมมือกับสถานศึกษาในการเตรียมความพร้อมทักษะแรงงานใหม่ที่กำลังเข้าสู่การทำงานในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยเร่งระบบฝึกทักษะให้แก่แรงงาน(ธัญญลักษณ์ วีระสมบัติ, 2558, น. 29-30)

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จึงเป็นกลุ่มนักเรียนที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการแก้ปัญหาคุณภาพแรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เพราะเมื่อนักเรียนสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว นักเรียนกลุ่มนี้จะเลือกเรียนต่อในสายการเรียนสามัญ หรือสายอาชีพ ดังนั้นการเตรียมนักเรียนเพื่อให้มีความรู้และทักษะเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นเรื่องสำคัญ เพราะหากนักเรียนเลือกเรียนต่อในสายสามัญ ความรู้และทักษะเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์จะช่วยให้เขามีพื้นฐานความรู้และทักษะในการเรียนในระดับสูงขึ้น หากนักเรียนเลือกเรียนสายอาชีพ ความรู้และทักษะเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์จะช่วยให้เขามีพัฒนาต่อยอดและสามารถประกอบอาชีพได้ แม้ว่าปัจจุบันหลักสูตรแกนกลางการศึกษา 2551 รายวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดตัวชี้วัดเพื่อให้นักเรียนได้

มุ่งเน้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ทดลอง อภิปราย และบอกความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า ความต้านทาน ความต่างศักย์ วงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะเห็นได้ว่าเนื้อหาเนื้อหาส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะนามธรรม ซึ่งยากแก่การสอนหรือการยกตัวอย่าง แต่ส่วนใหญ่ยังเป็นการจัดเรียนรู้แบบบรรยาย และเรียนรู้เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในหนังสือ ส่งผลให้นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียน ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับการสัมภาษณ์นักเรียนที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้นพบว่า การสอนส่วนใหญ่ครูผู้สอนจะสอนแบบบรรยาย ส่งผลให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจ และทักษะในการต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น เมื่อพิจารณาผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O - NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2557 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเป็น 38.62 คะแนน, ปีการศึกษา 2558 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเป็น 37.63 คะแนน, ปีการศึกษา 2559 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเป็น 34.99 คะแนน และปีการศึกษา 2560 มีค่าเฉลี่ยคะแนนเป็น 32.28 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน) (2560, น. 1) จะเห็นได้ว่า คะแนนเฉลี่ยในแต่ละปี ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50 และมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้ผลคะแนนการทดสอบโครงการผลการเรียนร่วมกับนานาชาติ (PISA) อยู่ในระดับต่ำกว่าอีกหลายประเทศที่มีระดับการพัฒนาใกล้เคียงกัน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและจำเป็นต้องส่งเสริมให้กับนักเรียน เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการนำมาซึ่งความเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน ประสิทธิภาพที่ได้จากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนรู้จักสิ่งต่างๆ รอบตัวรู้จักคิดวิเคราะห์ จำแนก รวมถึงการเรียนรู้ในการแก้ปัญหาต่างๆ (แพรวา วิหงส์, 2557, น. 1) แต่ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ถูกลดความสำคัญลงไป ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนใช้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงสำคัญอย่างยิ่ง เพราะจะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียนมากยิ่งขึ้น

การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้น การสอนแบบบรรยายอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอ เนื่องจากนักเรียนเพียงแต่รับรู้แต่ขาดการคิด การสัมผัส เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นรูปแบบการสอนวิธีหนึ่งซึ่งช่วยพัฒนาความคิดเชิงนามธรรม เพราะกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น ครูผู้สอนจะส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกแบบจำลองทางความคิดของตนเอง และมีโอกาสได้พิจารณาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนคนอื่นๆ นักเรียนจะเกิดการอภิปรายแลกเปลี่ยนความเห็นกัน และช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น(ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 138-141; อุบล บุญชู, 2560, น. 2-3)

จากการศึกษางานวิจัยของผู้วิจัยหลายท่าน (A.G. Harrison & D.F. Treagust, 2000, p. 1010-1012; J.D. Gobert & B.C. Buckley, 2000, p. 891; L.T. Louca & Z.C. Zacharia, 2012, p. 487; R. Pualine, T. Deidre, & J.R. Raymond, 2005, p. 84) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยให้ผู้เรียนสร้างความรู้และความเข้าใจความรู้ได้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น รวมถึงส่งเสริมความเข้าใจในทัศนคติเกี่ยวกับเนื้อหานั้นๆ ด้วย

รูปแบบการจัดการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีการลงมือปฏิบัติ ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ คือ การสอนแบบบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพราะบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการสอนที่เน้นให้ประสบการณ์ตรงแก่ผู้เรียน โดยผ่านการทดลอง หรือพิสูจน์ข้อเท็จจริงผ่านการสังเกต การทดลอง โดยมีการควบคุมและวางแผนเป็นอย่างดี(จารุวัฒน์ ชูรักษ์, 2557, น. 13) ซึ่งจะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วย เพราะเมื่อนักเรียนลงมือวางแผน ทำการทดลอง และสังเกตผลที่เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษาและส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยสนใจสร้าง บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อให้ให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน พร้อมทั้งเป็นแนวทางในการจัดการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับคุณลักษณะและศักยภาพในการเรียนต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
2. เพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานในประเด็นดังนี้
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ขอบเขตของการศึกษา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพกประชาสรรค์ อำเภอบ้านแพก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2 ห้องเรียน จำนวน 45 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนบ้านแพกประชาสรรค์ ตำบลลำพะเนียง อำเภอบ้านแพก จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 20 คน ที่ได้มาจากการวิธีสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

ระยะเวลาในการทำวิจัย

ผู้วิจัยทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 21 คาบเรียน (คาบละ 50 นาที)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 ม.3/2-3 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ชุดปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based learning) เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น หมายถึง ชุดเอกสารที่ชี้แนะแนวทางที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อประกอบการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น โดยมีรูปแบบการเรียนรู้ผสมผสานกันระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการและการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานซึ่งอยู่บนฐานทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกการคิด ออกแบบ และดำเนินการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น โดย

มีครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ ปรึกษา สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม (Phenomenon and Question) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย เพื่อดึงสมมติฐาน

2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Produce basic model) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ โดยอาศัยความรู้เดิมและจากการรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลใหม่เข้าด้วยกัน

3) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้ (Test model) เป็นขั้นตอนที่นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดลอง เพื่อตรวจสอบปรากฏการณ์ และร่วมกันวิเคราะห์ผลการใช้แบบจำลอง

4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Develop model) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนำแบบจำลองมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดียิ่งขึ้น

5) ขั้นนำเสนอและขยายแบบจำลอง (Elaborate model) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำเสนอต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและครูขยายความรู้เพิ่มเติม

สำหรับองค์ประกอบของบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. คู่มือการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานสำหรับครู ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แนวทางการปฏิบัติ แนวทางการตอบในบทปฏิบัติการ แนวทางการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

2. บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียน ซึ่งมีจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR

2.2 ความต้านทาน

2.3 วงจรอนุกรมพื้นฐาน

2.4 วงจรขนานพื้นฐาน

แต่ละบทปฏิบัติการย่อยประกอบด้วย ชื่อบทปฏิบัติการ ใบบัณฑิตกรรมการทดลอง คำชี้แจงสำหรับนักเรียน ใบความรู้ และแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นของนักเรียน วัดได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 20 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม (ปรับปรุง) ได้แก่

1. ด้านการประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา โดยทดสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ด้านวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะการจัดการ โดยทดสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. ด้านประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจาร์ณตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้ โดยทดสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Intergrated Science Process Skills) หมายถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหลังจากการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นสถานการณ์ จำนวน 20 ข้อ เป็นข้อสอบอัตนัยประเภทจำกัดคำตอบ ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ทักษะ คือ

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการตั้งสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหา สามารถบอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามในสถานการณ์นั้นๆ ได้ โดยทดสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling) หมายถึง ความสามารถในการระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมในสถานการณ์นั้นๆ โดยทดสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง ความสามารถในการให้ความหมาย และขอบเขตคำต่างๆ บอกลักษณะทั่วไปจากการปฏิบัติการทดลองโดยทดสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

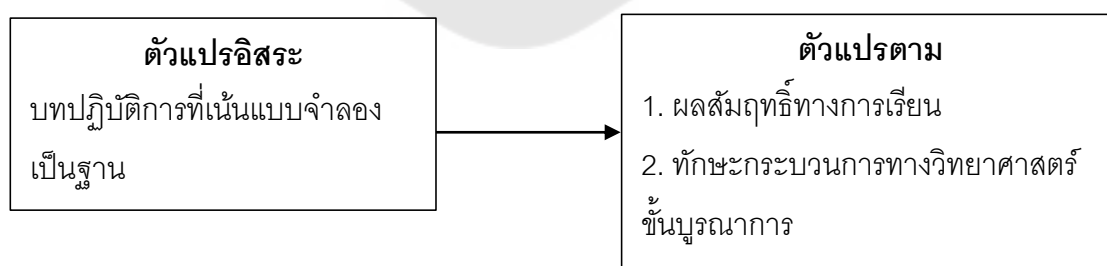
4. ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลอง โดยเริ่มจากการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง

ตามที่ได้ออกแบบไว้ และการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการทดลอง โดยทดสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายข้อมูล และสรุปได้สอดคล้องกับปัญหาของการทดลอง โดยทดสอบจากแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

กรอบแนวคิดการวิจัย

บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เป็นสื่อการเรียนรู้แบบประสมประสานที่นำมาใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ ซึ่งพัฒนามาจาก การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ(ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, 139-140; พิมพ์ภัทร แก้วดี, 2559, 68; วารีย์ บุญลือ, 2550, 70) ภายในบทปฏิบัติการประกอบด้วย บทปฏิบัติการจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริง รู้สึกสนุกสนานและกระตือรือร้นในการเรียนรู้ โดยมีครูคอยช่วยเหลือให้คำแนะนำตามความเหมาะสม จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.1 ความหมายของแบบจำลอง
 - 1.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 1.3 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง
 - 1.4 ความหมายและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.5 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ
 - 2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการ
 - 2.2 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
 - 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
 - 2.4 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
 - 2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
 - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
 - 3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัย
 - 3.4 ประเภทการให้คะแนนข้อสอบอัตนัย
 - 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.2 ลำดับขั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.4 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

4.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ความหมายของแบบจำลอง

แบบจำลอง ในภาษาอังกฤษตรงกับคำว่า “Model” นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่าน (กฤษณา โภคพันธ์, 2554, น. 29; ชัยยนต์ ศรีเชียงใหม่, 2554, น. 12-13; ณัฏฐฤต เกื้อทาน, 2557, น. 13; ธนัญญา คงทน, 2557, น. 20; ภารทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์, 2556, น. 15-16) ได้ให้นิยามความหมายของแบบจำลองไว้โดยมีใจความสำคัญร่วมกัน คือ แบบจำลอง คือ ตัวแทนแนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เพื่อให้สามารถเข้าใจเป้าหมายคือแนวคิด ทฤษฎี กฎ หรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ได้ง่ายขึ้น แบบจำลองสร้างขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนทั้งหมด หรือ บางส่วนของเป้าหมาย ทั้งนี้แบบจำลองอาจมีขนาดเล็ก เท่ากับ หรือใหญ่กว่าเป้าหมายจริงก็ได้

นอกจากนี้ ชัยยนต์ ศรีเชียงใหม่ (2554, น. 13) กล่าวว่า แบบจำลองที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์บางอย่าง คือ เพื่อเป็นตัวแทนทั้งหมดของเป้าหมาย หรือเป็นตัวแทนทั้งหมดของเป้าหมาย แบบจำลองอาจมีขนาดเล็กกว่าเป้าหมาย ขนาดเท่ากับเป้าหมาย หรือ ขนาดใหญ่กว่าเป้าหมายก็ได้ ถึงแม้รูปร่างของแบบจำลองกับเป้าหมายไม่เหมือนกัน แต่ต้องมีลักษณะร่วมเหมือนกัน เช่น เครื่องดูดฝุ่น (แบบจำลอง) เป็นตัวแทนของ พายุทอนาโด (เป้าหมาย) จะเห็นว่าทั้งสองมีรูปร่างไม่เหมือนกันแต่มีลักษณะร่วมเหมือนกัน คือ สามารถดูดวัตถุต่างๆ เข้าไปในตัวมันได้

1.2 ประเภทของแบบจำลอง

นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่าน (กฤษณา โภคพันธ์, 2554, น. 30-31; ชัยยนต์ ศรีเชียงใหม่, 2554, น. 14-15; ธนัญญา คงทน, 2557, น. 20; พิมพ์ภัทร แก้วดี, 2559, น. 26-27) ใช้เกณฑ์ต่างๆ ในการแบ่งประเภทของแบบจำลอง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

แบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่งได้ 5 ประเภทได้แก่

1. แบบจำลองเชิงรูปธรรม (Concrete model) เป็นแบบจำลองของวัตถุ 3 มิติ เป็นตัวแทนในการอธิบาย

2. แบบจำลองเชิงคำพูด (Verbel model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการอธิบาย บรรยาย เล่าเรื่อง เปรียบเทียบปรากฏการณ์ต่างๆ

3. แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) เป็นแบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ

4. แบบจำลองเชิงรูปภาพ (Visul or Diagrammatic model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่างๆ

5. แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (Gastural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อจำลองสถานการณ์ต่างๆ

J.K. Gilbert (2005, p. 13) ได้แบ่งแบบจำลองเป็น 5 ประเภทได้แก่

1. แบบจำลองทางความคิด (Mental model) คือ แบบจำลองหรือภาพในใจแต่ละบุคคลที่สร้างด้วยบุคคลนั้นหรือร่วมสร้างกันเป็นกลุ่ม ซึ่งมีทั้งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง เช่น แบบจำลองความคิดของนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องอะตอม นักเรียนคิดว่าอะตอมภายในเป็นทรงกลมมีโปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน เป็นต้น

2. แบบจำลองที่แสดงออก (Expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูกเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่างๆ เช่น คำพูด ภาพวาด ท่าทาง เป็นต้น

3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (Consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับยอมรับภายในกลุ่มบุคคล ซึ่งแบบจำลองอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการทดลองและประสบการณ์ของคนในกลุ่ม

4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่างๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคมนักวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (Historical model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีต

1.3 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้แบบจำลองจะมีข้อดีแต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองก็มีข้อจำกัด ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้(ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 16)

1. ไม่เป็นของจริง นั่นคือ แบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมา ซึ่งไม่ใช่วัตถุหรือสถานการณ์จริง แต่นั่นไม่ได้หมายความว่า เป็นของปลอม

2. แบบจำลองเป็นตัวแทนของเป้าหมายบางส่วนไม่ใช่ทั้งหมด เช่น แบบจำลองโลกใช้ประโยชน์เพื่อการอธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์ แต่ไม่ได้ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา เป็นต้น

3. แบบจำลองจะมีรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย เพราะแบบจำลองถูกสร้างขึ้นมาเพื่อให้่ายต่อการเข้าใจ

4. แบบจำลองทุกชนิดต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจ แบบจำลองแต่ละแบบจำลองตีความยากง่ายไม่เหมือนกัน

5. แบบจำลองทุกชนิดจะไม่ได้มีความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากเป้าหมายเท่านั้นที่มีความสมบูรณ์

ดังนั้นการเลือกใช้แบบจำลองต้องพิจารณาถึงประเภทของแบบจำลอง ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง เพื่อจะได้เลือกใช้แบบจำลองได้ถูกต้องตามลักษณะของปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทฤษฎี และกฎอื่นๆ เพื่อที่จะให้แบบจำลองสามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดีที่สุด

1.4 ความหมายและการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

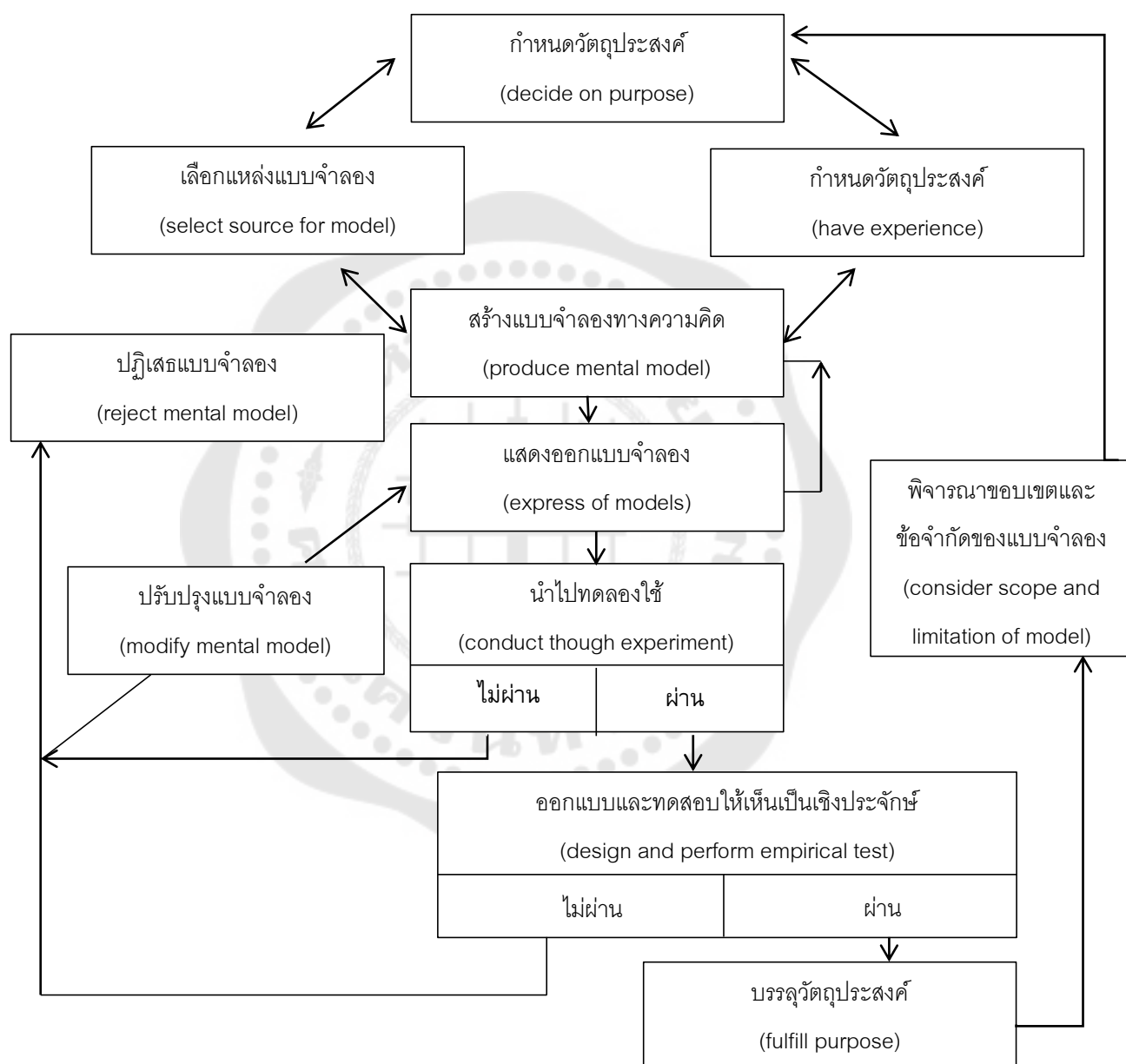
จากที่กล่าวมาข้างต้น แบบจำลองนั้นสร้างขึ้นเพื่ออธิบายข้อสรุป หลักการ กฎหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นไม่สามารถอธิบายได้อย่างดี หรือครบถ้วน ก็จะมีการปรับปรุงขึ้นมาใหม่ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรให้นักเรียนได้ฝึกและปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้นักเรียนฝึกคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิดหาแบบจำลองมาอธิบายสิ่งต่างๆ ถ้าไม่สามารถอธิบายได้ก็ลองให้นักเรียนสร้างแบบจำลองใหม่มาอธิบาย ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้เรียกว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) มีนักการศึกษาและนักวิจัย(ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 16-17; ธนัญฐา คงทน, 2557, น. 22-23; ละมัย โชคชัย, 2557, น. 11) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์ การจัดการเรียนรู้เริ่มจากการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง เกี่ยวกับปรากฏการณ์นั้นๆ จากนั้นนักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ต่อมานักเรียนจะมีการตรวจสอบและประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงเพื่อให้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ดียิ่งขึ้น

1.5 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อนำแบบจำลองไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานดังนี้

R.S. Justi & J. K. Gilbert (2002, p. 369-387) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังแสดงได้ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modeling)

ที่มา : ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554, น. 18)

J.D. Gobert & B.C. Buckley (2000, p. 891-894) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

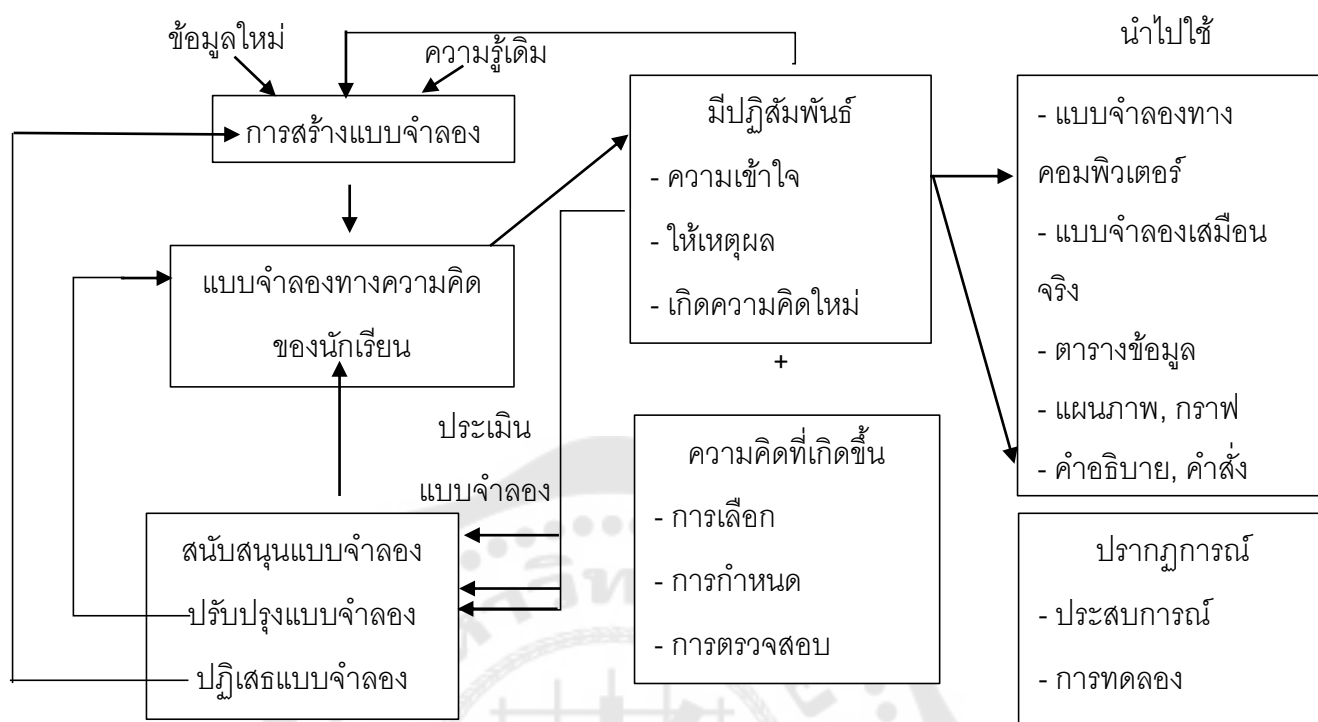
1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่จะศึกษา ครูผู้สอนทำหน้าที่ประเมินและสรุปแบบจำลองจากความคิดและเหตุผลของนักเรียน

2. นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่ พฤติกรรมและสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์นั้นๆ แล้วเขียนเป็นแผนผังความคิด (concept mapping) โดยเปรียบเทียบปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (analogous system) จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลอง

3. นำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ซึ่งอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนนั้นถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์นั้นได้ดีพอ นักเรียนต้องนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ให้ดีขึ้น

4. ขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปร่วมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

B. C. Buckley (2000, p. 23-41) ระบุขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานได้เป็นวัฏจักร ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา : Buckley (2000 อ้างถึงใน ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554, น. 19)

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554, น. 40) ได้สรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็น 5 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (produce mental model) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้นๆ เข้าด้วยกันจากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

2. ขั้นแสดงออกแบบจำลอง (express model) นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่างๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ เป็นต้น เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้

3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง (test model) นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออกแล้วไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4. ขั้นประเมินแบบจำลอง (evaluate model) นักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองหลังจากการทดสอบ ซึ่งอาจพบว่าแบบจำลองนั้นอาจถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนต้องกลับไปศึกษาแบบจำลองใหม่ หรือถ้าพบว่าสามารถ

ให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง (elaborate model) นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ฮามีดี๊ะ มุสอ (2555, น. 17-18) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยแบบจำลองเป็นฐานไว้ในงานวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตอบสนองงานที่ได้รับ โดยครูผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งครูผู้สอนอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ครูผู้สอนสนับสนุนให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นความรู้เดิมและข้อมูลใหม่เข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลหรือกระทำข้อมูลแล้วลงมือสร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 นำไปใช้และประเมิน ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่ หรือมีสอดคล้องเหมาะสมกันเพียงใด ซึ่งในขั้นนี้ครูผู้สอนจะต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง หลังจากประเมินแบบจำลองแล้วหากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นดังกล่าวไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอ แบบจำลองนั้นจะถูกปฏิเสธ ดังนั้น นักเรียนจะต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 โดยต้องทำการตรวจสอบข้อมูลใหม่และศึกษาอย่างละเอียดมากขึ้น แต่ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำไปให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ อาจจะมีการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้นให้ดียิ่งขึ้น

5. ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น เพราะแนวคิดบางอย่างอาจจะใช้แบบจำลองเดียวอธิบายไม่ดีพอ

พิมพ์ภัทร แก้วดี (2559, น. 18) ได้สร้างขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัย ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน โดยใช้บทความ วิดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวหรือการสาธิต

เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองรายบุคคล โดยจะต้องสร้างมาจากการรวบรวมความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน แล้วลงมือสร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง ดำเนินการตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน รวมทั้งมีการร่วมกันวิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้างแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบ ศึกษา ค้นคว้า มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นที่เป็นตัวแทนของการคิดสมมติฐานและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น หรือให้นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้อธิบายทำนาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดขึ้นหรือปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์ที่ศึกษา

ตาราง 1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554)	ฮามิตะ มุสอ (2555)	พิมพ์ภัทร แก้วดี (2559)	ผู้วิจัย (2562)
1. สร้างแบบจำลองทาง ความคิด	1. ตอบสนองต่องานที่ ได้รับ	1. การมุ่งปรากฏการณ์ และคำถาม	1. ชี้นำและคำถาม
2. แสดงออก แบบจำลอง	2. สร้างแบบจำลอง เริ่มต้น	2. สร้างแบบจำลอง เบื้องต้น	2. สร้างแบบจำลอง
3. ทดสอบแบบจำลอง	3. การนำไปใช้และ ประเมิน	3. การสำรวจตรวจสอบ เชิงประจักษ์	3. ทดสอบ แบบจำลอง
4. ประเมินแบบจำลอง	4. การปรับปรุงแก้ไข แบบจำลอง	4. การปรับปรุงและ ประเมินแบบจำลอง เบื้องต้น	4. ประเมิน แบบจำลอง
5. ขยายแบบจำลอง	การขยายแบบจำลอง	การขยายแบบจำลอง	5. ขยายแบบจำลอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นนักวิชาการและนักวิจัยได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้อย่างหลากหลาย และพบว่ามีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งผู้วิจัยนำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาเปรียบเทียบกันดังตาราง 1 หลังจากผู้วิจัยเปรียบเทียบแล้ว ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักวิชาการแต่ละท่าน และได้สังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้จำนวน 5 ขั้นตอน ที่รับมาจากชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ฮามีดี๊ะ มุสอ (2555) และ พิมพ์ประภัทร แก้วดี (2559) เพราะการจัดการเรียนรู้ของนักวิจัยที่กล่าวมามีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมตามบริบทของผู้วิจัย ซึ่งได้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ ดังนี้

1. ขั้นการนำและคำถาม เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียนผ่านทาง วิทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวหรือชุดสาริต เพื่อให้นักเรียนตั้งคำถาม เกิดข้อสงสัยและนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน
2. ขั้นสร้างแบบจำลอง นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองพื้นฐาน โดยอาศัยจากความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน แล้วสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์นั้นขึ้นมา
3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างไปทดสอบปรากฏการณ์นั้น
4. ขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนนำแบบทดลองมาปรับปรุงแก้ไข โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ
5. ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าชั้น นักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปราย และขยายแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นกระบวนการที่ให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ มีการแสดงออกถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้ รวมถึงมีการตรวจสอบและแก้ไขแบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้นๆ ได้ดียิ่งขึ้น นักวิจัยหลายท่านกล่าวถึงผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ดังนี้

ชัยยงค์ ศรีเชียงหา (2554, น. 138-140) ได้พัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลปรากฏว่า สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับปานกลางในทุกๆ ด้าน

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ (2556, น. 172-173) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง โครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง แบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น ส่วนนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องมีจำนวนลดลง

พิมพ์ภัทร แก้วดี (2559, น. 62-69) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏว่า การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยาทำให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เพิ่มขึ้น และมีความคงทนของความรู้

B. C. Buckley (2000, p. 930) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้มัลติมีเดียร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานรายวิชา ชีววิทยา โดยศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อชีวิต เรื่อง ระบบไหลเวียนโลหิตในร่างกาย โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสร้างแบบจำลองและนำเสนอข้อมูล ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับองค์ความรู้ได้ถูกต้อง มีทักษะการคิด และทักษะการสร้างแบบจำลอง สนับสนุนแนวทางในการใช้แบบจำลองเป็นฐานในการจัดการเรียนรู้

C.V.Schwarz & White (2005, p. 201) ได้ศึกษาความเข้าใจในธรรมชาติและกระบวนการสร้างแบบจำลอง ทักษะการสืบสอบ มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ และความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองกับการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และทักษะการสืบสอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบสอบที่มีแบบจำลองเป็นฐาน(Model-based inquiry) ร่วมกับการเรียนการสอนโดยใช้ความรู้ในการสร้างแบบจำลอง(Metamodeling knowledge) โดยใช้แบบวัดความเข้าใจแบบจำลอง (Modeling test) วัดก่อนและหลังเรียน และทำการสัมภาษณ์เพื่อประเมินความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองหลังเรียน ทดลองกับนักเรียนจำนวน 12 คน ผลปรากฏว่าความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลองกับทักษะการสืบสอบหลังเรียนมีความสัมพันธ์กันที่ระดับ .05 และทักษะการสืบสอบและความรู้ที่ใช้สร้างแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับคะแนนหลังเรียน

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศและต่างประเทศในครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาแนวคิดของนักเรียนให้มีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น ช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนให้เข้าใจได้ง่าย และยังช่วยให้นักเรียนมีความคงทนของความรู้เพิ่มขึ้น (A.G. Harrison & D.F. Treagust, 2000, p. 1010-1012; J.D. Gobert & B.C. Buckley, 2000, p. 891)

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ

2.1 ความหมายของบทปฏิบัติการ

คำว่า “บทปฏิบัติการ” ในงานวิจัยนี้จะใช้คำว่า “บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์” ซึ่งมีนักวิชาการและนักวิจัยหลายท่าน(จันทร์จิรา เทพดนตรี, 2558, น. 10; จารุวัฒน์ ชูรักษ์, 2557, น. 13; ยศวดี จิตติวร, 2557, น. 18; วารีย์ บุญลือ, 2550, น. 13; อัมพร กรุดวงษ์, 2548, น. 52) ได้นิยามความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยมีใจความสำคัญร่วมกันคือ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูผู้สอนมีหน้าที่แนะนำ ช่วยเหลือดูแล เป็นที่ปรึกษา เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจในข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีอย่างถูกต้อง

2.2 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

จุดมุ่งหมายของบทปฏิบัติการ มีนักการศึกษาหลายท่าน(จันทร์จิรา เทพดนตรี, 2558, น. 52; ยศวดี จิตติวร, 2557, น. 19; วารีย์ บุญลือ, 2550, น. 15; อัมพร กรุดวงษ์, 2548, น. 52) กล่าวไว้ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหา หลักการ ทฤษฎีวิทยาศาสตร์
2. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการสืบเสาะหาความรู้
3. ช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน
4. เพื่อให้นักเรียนมีทักษะในการปฏิบัติ และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

จันทร์จิรา เทพดนตรี (2558, น. 11) ได้กล่าวถึงรูปแบบการจัดการรู้แบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ทำตามบทปฏิบัติการหรือแบบฝึกหัด คือรูปแบบการทดลองที่มุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนของครูผู้สอน หรือตามตำราที่อธิบายพร้อมวิธีการพร้อมทั้ง

บอกข้อสรุปไปแล้ว นักเรียนเพียงปฏิบัติตามคำอธิบายในแต่ละตอน มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนคติ เน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ และทฤษฎี

2. กิ่งชี้แนะแนวทางคือ รูปแบบการทดลองที่ถือได้ว่าเป็นทางสายกลางระหว่างการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์กับการทดลองเชิงฝึกหัด โดยเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง ส่วนครูผู้สอนอยู่ในฐานะที่ปรึกษาและให้คำแนะนำช่วยเหลือเท่าที่จำเป็นซึ่งเหมาะกับวัยเรียน

3. ทดลองแบบแท้จริงคือ รูปแบบการทดลองที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดขั้นสูงด้วยการให้นักเรียนกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยสร้างบทปฏิบัติการแบบกิ่งชี้แนะแนวทาง ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ออกแบบ วางแผนการแก้ปัญหา และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้ให้คำปรึกษา คอยชี้แนะแนวทาง

2.4 ประโยชน์ของการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

สำหรับประโยชน์ของบทปฏิบัติการ มีนักการศึกษาหลายท่าน (นิตยา มีสุขดี, 2543, น. 9-14; ปวีณา ซาลีเครือ, 2553, น. 25; แพรวา วิหงส์, 2557, น. 7-9) ได้กล่าวไว้ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนพิสูจน์ทฤษฎี กฎ จากการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนจดจำความรู้ได้นานยิ่งขึ้น

2. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างเต็มที่ มีความสนุกสนาน และมีความกระตือรือร้นในการเรียน

3. ทำให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ

สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการ มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนะแนวทางในการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542, น. 168-169) ได้กล่าวเกี่ยวกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดปัญหา เป็นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากความต้องการเสาะแสวงหา

คำตอบ

2. ขั้นทดลองและสังเกต เป็นการดำเนินการทดลองและสังเกตผลการทดลองว่ามีเหตุการณ์อะไรเกิดขึ้นบ้าง

3. ขั้นสรุปผลการทดลอง เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองและการสังเกต
ทิตินา แคมมณี (2555, น. 333-334) ได้กล่าวเกี่ยวกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ครูผู้สอนและนักเรียนกำหนดปัญหาและสมมติฐานในการทดลอง
2. ครูผู้สอนให้ความรู้ที่จำเป็นต่อการทดลอง ให้ขั้นตอนและรายละเอียดในการทดลองแก่นักเรียน

3. นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองและบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง
4. นักเรียนวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
5. ครูผู้สอนและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองและสรุปการเรียนรู้
6. ครูผู้สอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน
วารีย์ บุญลือ (2550, น. 17) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการเอาไว้ 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง
2. ขั้นทดลอง
3. ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

- จันทรจิรา เทพดนตรี (2558, น. 13) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการในงานวิจัยประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดปัญหา นักเรียนร่วมกันกำหนดปัญหาในการทดลอง
2. ทดลองและบันทึกผล นักเรียนดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ บันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
3. อภิปรายและสรุปผลการเรียนรู้ นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอภิปรายและสรุปร่วมกันในกลุ่ม แล้วอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนเพื่อสรุปหลักการและความคิดรวบยอดที่ได้จากการทดลอง โดยมีครูผู้สอนคอยแนะนำให้คำปรึกษา

จากที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการเป็นการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกการคิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น การจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 3 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นกำหนดปัญหา
2. ขั้นทดลองและบันทึก
3. ขั้นอภิปรายและสรุปการเรียนรู้

ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการสอนโดยใช้ชุดปฏิบัติการมีความสำคัญในการช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และยังทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์เปรียบเทียบขั้นตอนการเรียนรู้ ดังตาราง 2 เพื่อปรับและประยุกต์ใช้เป็นขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง 2 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน

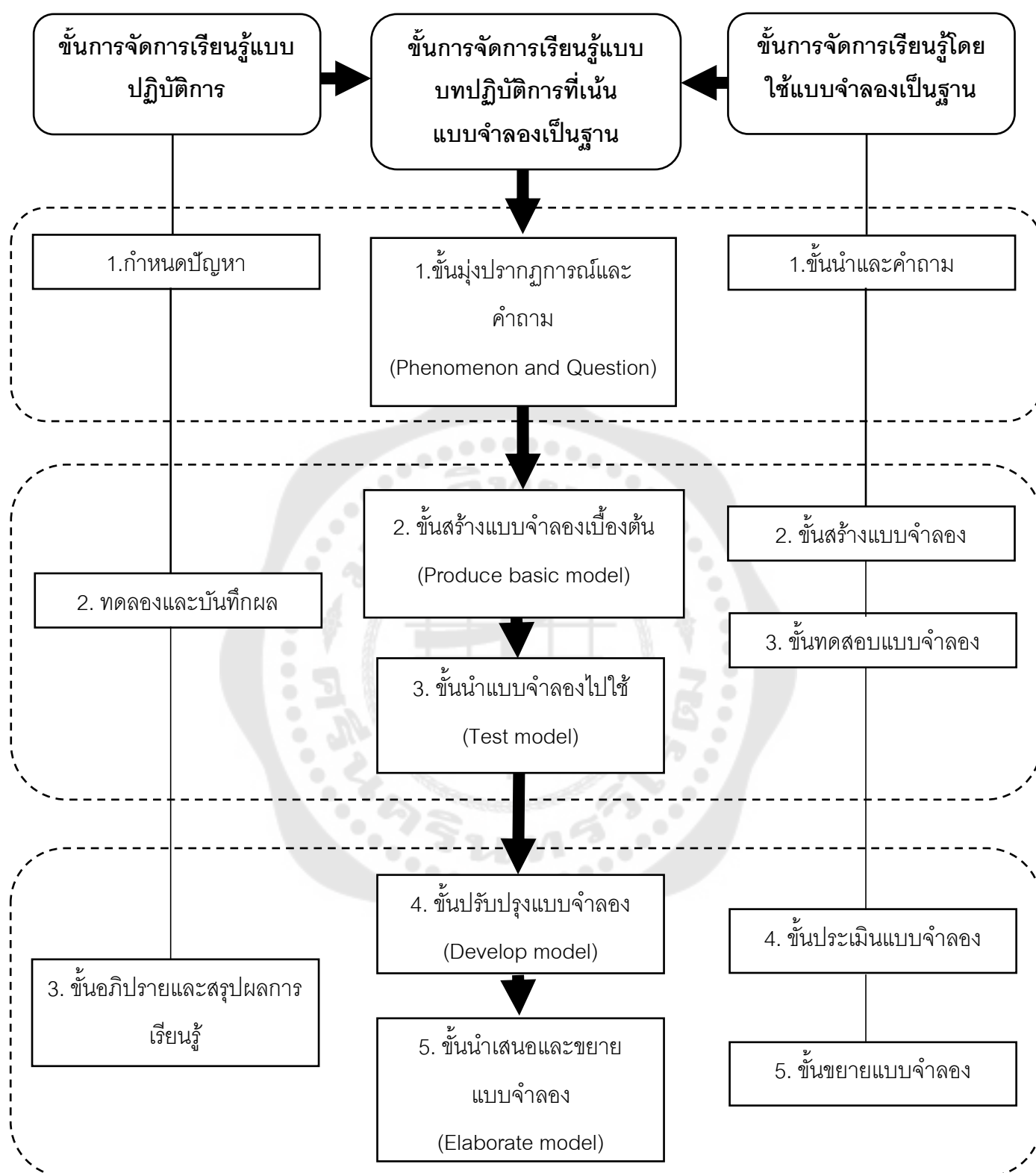
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
1. กำหนดปัญหา นักเรียนและครูผู้สอนร่วมกันกำหนดปัญหาในการทดลอง	1. ขั้นการนำและคำถาม เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูผู้สอนนำเข้าสู่บทเรียน ผ่านทาง วิดีทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวหรือชุดสาธิต เพื่อให้นักเรียนตั้งคำถาม เกิดข้อสงสัยและนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน
2. ทดลองและบันทึกผล นักเรียนดำเนินการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนด บันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	2. ขั้นสร้างแบบจำลอง นักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองพื้นฐาน โดยอาศัยจากความรู้เดิมและความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน แล้วสร้างแบบจำลองที่เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์นั้นขึ้นมา
	3. ขั้นทดสอบแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างไปทดสอบปรากฏการณ์นั้น

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. อภิปรายและสรุปผลการเรียนรู้ นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาอภิปราย และสรุปร่วมกัน พร้อมทั้งนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อสรุปบทเรียนโดยครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ	4. ขั้นประเมินแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองมาปรับปรุงแก้ไข โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ
	5. ขั้นขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานำเสนอหน้าชั้นนักเรียนแต่ละคนร่วมกันอภิปราย และขยายแบบจำลองเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ

จากขั้นตอนการเรียนรู้แบบปฏิบัติการและการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จะเห็นได้ว่ามีลักษณะเชื่อมโยงสัมพันธ์กันโดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้คือ 1) ขั้นนำและคำถาม 2) ขั้นสร้างแบบจำลอง 3) ขั้นทดสอบแบบจำลอง 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง และ 5) ขั้นขยายแบบจำลอง ส่วนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้คือ 1) ขั้นกำหนดปัญหา 2) ขั้นทดลองและบันทึกผล และ 3) ขั้นอภิปรายและสรุปผล ผู้วิจัยจึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ และพบว่า ขั้นนำและคำถามของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองมีความสอดคล้องกับขั้นกำหนดปัญหาของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ ขั้นสร้างแบบจำลองและขั้นทดสอบแบบจำลองของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง มีความสอดคล้องกับขั้นทดลองและบันทึกผลของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ และขั้นประเมินแบบจำลองและขั้นขยายแบบจำลองของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีความสอดคล้องกับขั้นอภิปรายและสรุปผลของการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนการจัดการเรียนรู้มาเชื่อมโยงได้เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานของนักเรียน ดังภาพประกอบ 4 ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1. **ขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม (Phenomenon and Question)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนเกิด ความสงสัย เพื่อตั้งสมมติฐาน
2. **ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Produce basic model)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง นำไปทดลอง เพื่อให้เป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ โดยอาศัยความรู้เดิม และจากการรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลใหม่เข้าด้วยกัน
3. **ขั้นนำแบบจำลองไปใช้ (Test model)** เป็นขั้นตอนที่นำแบบจำลองที่สร้างไปทดลองและบันทึกผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบปรากฏการณ์ และร่วมกันวิเคราะห์ผลการใช้แบบจำลอง
4. **ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Develop model)** เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนนำแบบจำลองที่นำไปทดลอง มาปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ดียิ่งขึ้น
5. **ขั้นนำเสนอและขยายแบบจำลอง (Elaborate model)** เป็นขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำเสนอต่อเพื่อนร่วมชั้นเรียน แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ร่วมกันอภิปราย และสรุปความรู้ โดยมีครูผู้สอนขยายความรู้เพิ่มเติม



ภาพประกอบ 4 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการและการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

บทบาทครูผู้สอนและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลอง
เป็นฐานแต่ละขั้นตอนแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นมุ่งปรากฏการณ์และ คำถาม	- สร้างความสนใจให้กับผู้เรียน โดยปรากฏการณ์ที่น่าสนใจ - กระตุ้นผู้เรียนให้เกิดความสนใจในการจัดการเรียนรู้ - ตั้งคำถามร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์นั้นๆ	- กำหนดปัญหาของการทดลอง - ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลอง
2. ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น	- ทบทวนความรู้เดิม - เสริมความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องใช้ในการสร้างแบบจำลอง	- สร้างแบบจำลองเพื่อใช้ตรวจสอบสมมติฐาน
3. ขั้นนำแบบจำลองไปใช้	- กระตุ้นให้นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้ทดสอบสมมติฐาน - ควบคุมดูแล ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง	- นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดสอบสมมติฐาน - บันทึกผลการทดลอง
4. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง	- ช่วยเหลือ/แนะนำ นักเรียนเพื่อให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง	- ปรับปรุง/แก้ไข แบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ได้ถูกต้อง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครูผู้สอน	บทบาทนักเรียน
5. ชั้นนำเสนอและขยายแบบจำลอง	- กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายแบบจำลองที่ตนเองสร้างขึ้น - ขยายความรู้เพิ่มเติมจากแบบจำลองที่นักเรียนนำเสนอ	- นำเสนอแบบจำลองแก่เพื่อนนักเรียน - ร่วมกันอภิปรายแบบจำลองกับเพื่อน พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

จากตาราง 3 บทบาทของครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ครูผู้สอนเป็นผู้เตรียมการจัดการเรียนการสอน จัดสิ่งแวดล้อมและบรรยากาศที่ปลูกเร้า เพื่อให้นักเรียนกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนคิด ฝึกปฏิบัติ คอยให้คำช่วยเหลือ แนะนำนักเรียน เพื่อให้นักเรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์ของการเรียนได้ด้วยตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอและแสดงความคิดเห็นในการจัดการเรียนรู้ ในส่วนของบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนต้องมีความกระตือรือร้นในการเรียน ฝึกคิดและลงมือปฏิบัติการทดลอง พร้อมทั้งสรุปความรู้ที่ได้ด้วยตนเอง นำเสนอผลงานพร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนสมาชิก

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทปฏิบัติการ

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544, น. 55-59) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง เทคนิคการแยกสาร ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 81.19/80.33 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการเรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

ทวิษ แจ่มจำรัส (2545, น. 82-89) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำ สกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพและความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการการสอนอยู่ในระดับดีมาก เมื่อนำบทปฏิบัติการไปทดลองสอน พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วารีย์ บุญลือ (2550, น. 70-72) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่อง การปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ซึ่งบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นเน้นพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้นักเรียนคิดและปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีครูผู้สอนชี้แนะ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี จำนวน 30 คน พบว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.38/80.50 และนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จันทร์จิรา เทพดนตรี (2558, น. 81-85) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องยางพารา ศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความตระหนักต่อสิ่งแวดล้อมของนักเรียน ซึ่งบทปฏิบัติการมุ่งเน้นให้นักเรียนคิด ออกแบบ และดำเนินการทดลองเกี่ยวกับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปฏิบัติงานในสวนยางพารา โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำปรึกษา ผลการใช้บทปฏิบัติการพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Orehowsky (1999, p. 103-105) ได้ศึกษาการสอนแบบปฏิบัติการ และประเมินทัศนคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีต่อวิชาเคมี การวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการให้นักเรียนมีประสบการณ์ ให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง จะทำให้นักเรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบเดิม

Scott Moor S. & Piergiovanni P. (2003, p. 9) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากนักเรียนได้คิดและปฏิบัติจริง โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำแนะนำ จึงทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์โดยตรง และมีทัศนคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยครูผู้สอนเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สรศักดิ์ แพรดำ (2544, น. 33) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การคำนวณ การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและการควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลอง และการตีความหมายจากข้อมูล และการลงข้อสรุปได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ เพื่อการเสาะแสวงหาความรู้หรือแก้ปัญหา อันเกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความนึกคิดอย่างเป็นระบบ

นักการศึกษาหลายท่าน(ภพ เลหาไพบูลย์, 2542, น. 14-29; สรศักดิ์ แพรดำ, 2544, น. 53-54) ได้จัดประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายประเภท ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Scientific Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการ ที่นักเรียนควรฝึกให้เกิดความชำนาญเป็นพื้นฐาน ซึ่งประกอบไปด้วย 8 ทักษะดังนี้

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัส (ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง) เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตไปด้วย

1.2 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกหรือเรียงวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยใช้เกณฑ์ต่างๆ ในการจำแนก

1.3 ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง ความสามารถในการเลือกเครื่องมือวัด และสามารถวัดค่าของปริมาณที่ต้องการทราบได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว พร้อมทั้งระบุหน่วยอย่างถูกต้อง

1.4 ทักษะการคำนวณ (Using Numbers) หมายถึง ความสามารถในการจัดกระทำ (บวก ลบ คูณ หาร เป็นต้น) กับตัวเลขที่ได้มาจากการสังเกต การวัด การทดลอง ตัวเลขที่นำมาคำนวณต้องอยู่ในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงและชัดเจนขึ้น

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/Space and Space/Time Relationships) หมายถึง การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปส

กับสเปซของวัตถุซึ่งได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ซึ่งได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

1.6 ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communicating) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองฯ จัดกระทำใหม่ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ ตาราง แผนภาพ แผนภูมิ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจข้อมูลชุดนั้นดียิ่งขึ้น

1.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง ความสามารถในการคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัย หลักการ ทฤษฎี กฎในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการทำนาย

2. ทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ (Integrated Scientific Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการจากทักษะขั้นพื้นฐานซึ่งนักเรียนฝึกฝนให้เกิดความชำนาญมาก่อน จึงจะทำให้ทักษะทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการมีประสิทธิภาพ ทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการประกอบด้วย 5 ทักษะดังนี้

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง

2.2 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในการสมมติฐาน การควบคุมตัวแปรเป็นการควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่จะส่งผลต่อตัวแปรตาม

2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variable Operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปร เพื่อให้สามารถเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตได้และวัดได้

2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดขั้นตอนการหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.4.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร และวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องการใช้ในการทดลอง

2.4.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริงๆ

2.4.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกผลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจมาจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ

2.5 ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making Conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปตาราง กราฟ สามารถลงข้อสรุปโดยนำข้อมูลทั้งหมดมาแสดงในรูปแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้นๆ

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถจำแนกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ 2 ประเภท คือ ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ ในงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ เพราะกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นกลุ่มที่ต้องการการพัฒนาทักษะขั้นสูง ซึ่งจะในการเรียนหรือการค้นคว้าในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยของนักวิจัย (ชาญวิทย์ จรัสสุทธิศรี, 2545, น. 30-31); นิตยา มีสุขดี (2543, น. 14-15) ได้สรุปแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งต้องแจ่มแจ้งให้ชัดเจน โดยครูผู้สอนต้องศึกษาจุดมุ่งหมายแต่ละทักษะให้เข้าใจ แล้วนำมาแจกแจงเป็นจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งจะมีทั้งภาคสถานการณ์ ภาคพฤติกรรมที่คาดหวังและภาคเกณฑ์ในการกำหนดพฤติกรรมนั้นๆ

2. การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นในบทหนึ่งๆ ควรกำหนดว่าทักษะใด เนื้อหาใด เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ ทักษะนั้นควรปรากฏอยู่ในข้อสอบ

3. การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหาและพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าไร อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังทราบต่อไปว่าข้อสอบวัดพฤติกรรมใดมีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4. การเลือกแนวทางในการออกข้อสอบ ควรยึดหลักว่า ควรใช้ข้อสอบแบบใดจึงสามารถตรวจวัดพฤติกรรมนั้นได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดจนทั้งเหมาะสมกับวัยของนักเรียน ระยะเวลา และง่ายต่อการปฏิบัติ

การพัฒนาแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิสร์ (2545, น. 30-31) และ นิติยา มีสุขดี (2543, น. 14-15) ยังได้เสนอแบบทดสอบเพื่อวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. การสร้างสถานการณ์

1.1 สถานการณ์ที่สร้างขึ้นเป็นสถานการณ์สมมติ หรือนำมาจากเอกสารอื่นก็ตาม ต้องมีความง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

1.2 ใช้คำพูดเข้าใจง่าย ศัพท์เทคนิค ต้องไม่นอกเหนือจากที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว

1.3 สถานการณ์ต้องไม่ใช่สถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้ ต้องเป็นจริง สมเหตุสมผล

1.4 ระบุหน่วยของการวัดให้ชัดเจน

1.5 สถานการณ์ต้องสั้นกะทัดรัด อ่านเข้าใจง่าย และสถานการณ์แต่ละสถานการณ์สามารถถามได้มากกว่า 1 ข้อคำถาม

2. การสร้างคำถาม คำถามที่ให้ตอบตามสถานการณ์ควรมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 ถามในเรื่องที่ต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถามเรื่องที่เป็นความรู้ ความจำ

2.2 ไม่ถามถึงปัญหาหรือสมมติฐานที่เคยสรุปกันมาแล้ว เพราะจะกลายเป็นความจำ

2.3 ใช้คำถามรัดกุม บังคับว่าจะให้ตอบเรื่องใด แม้ว่าบางคำถามจะมีทางออกหรือความคิดเห็นได้หลากหลาย แต่จะต้องเป็นความคิดเห็นที่เกี่ยวกับเรื่องนั้นโดยเฉพาะ

2.4 ข้อความที่ให้ตอบแต่ละคำถาม ควรเป็นตอนละเรื่อง และกำหนดคะแนนให้เหมาะสม ถ้าเป็นไปได้ควรให้คะแนนเป็น 1 ถ้าตอบถูก และ 0 ถ้าตอบผิด

3. การตรวจ ถ้าเป็นแบบทดสอบแบบให้ตอบสั้นๆ จะต้องตอบคำถามที่ผู้ถามคิดว่าจะเฉพาะเจาะจง คำตอบน่าจะแน่นอน แต่การตรวจต้องดูเหตุผลของนักเรียนที่ตอบแตกต่างออกไปจากเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ถ้าสมเหตุสมผลควรยอมรับ

จากการศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พบว่า ก่อนการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยต้องวิเคราะห์เนื้อหา วิเคราะห์ทักษะกระบวนการที่ต้องการจะวัด ลักษณะแบบทดสอบควรเป็นแบบสถานการณ์ แต่ละสถานการณ์สามารถถามได้หลายข้อ ข้อสอบต้องชัดเจนว่าต้องการวัดทักษะกระบวนการใด และการให้คะแนนควรให้แบบ ตอบถูก 1 คะแนน และตอบผิด 0 คะแนน ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สนใจทักษะกระบวนการขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ โดยผู้วิจัยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งหมด 5 ทักษะ โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 20 ข้อ

3.3 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบอัตนัย

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2536) ได้กล่าวว่า ธรรมชาติของข้อสอบอัตนัยเป็นข้อสอบที่ประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวนไม่มาก ไม่มีคำตอบให้เลือก ผู้ตอบจะต้องคิดหาคำตอบเอง โดยบูรณาการความรู้และความคิด แล้วแสดงออกเป็นภาษาเขียนอย่างถูกต้องและสมเหตุสมผลตามศาสตร์ของวิชานั้นๆ ดังนั้นข้อสอบอัตนัยจึงเป็นเครื่องมือที่วัดสมรรถภาพทางสมองในระดับสูง ทักษะตลอดจนทัศนคติได้อย่างแท้จริง

ข้อสอบอัตนัยมีสองประเภท คือ

1. แบบจำกัดคำตอบ (Restricted response type) เป็นข้อสอบที่จำกัดขอบเขตของเนื้อหาและการตอบ เหมาะสำหรับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงไม่อาจวัดความสามารถทางการสังเคราะห์หรือบูรณาการทางความคิด
2. แบบไม่จำกัดคำตอบ (Extend response type) เป็นข้อสอบลักษณะยืดหยุ่น ให้เสรีภาพในการตอบเต็มที่ เหมาะสำหรับวัดความสามารถในการสังเคราะห์หรือบูรณาการและประเมินค่า การแสดงออกทางความคิด ทัศนคติ บ่งชี้ถึงศักยภาพในระดับสูงของผู้ตอบ

หลักการสร้างข้อสอบอัตนัย

1. ขั้นเตรียมหรือขั้นวางแผนการสร้างข้อสอบ ต้องกระทำสิ่งต่อไปนี้
 - 1.1 ตั้งวัตถุประสงค์ของการสร้างข้อสอบอัตนัยว่า มุ่งวัดพฤติกรรมด้านใด
 - 1.2 จัดทำตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือตารางวิเคราะห์เนื้อหาวิชา เพื่อกำหนดว่าข้อสอบต้องวัดเนื้อหาและพฤติกรรมด้านใด
2. ขั้นสร้าง เป็นขั้นตอนการสร้างข้อสอบตามตารางวิเคราะห์เนื้อหา โดยอาจจะมีการจำนวนข้อสอบมากกว่าจำนวนที่กำหนด ซึ่งจะดำเนินการคัดทิ้งภายหลัง สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการสร้างข้อสอบอัตนัย มีดังนี้

2.1 ควรเป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมขั้นสูง ที่ไม่สามารถวัดได้ด้วยข้อสอบชนิดอื่นๆ

2.2 ควรมีกรอบโครงสร้างของข้อคำถามที่แจ่มชัดไม่กำกวม เพื่อให้ผู้ตอบทราบแนวทางว่าควรตอบในแง่มุมใด นอกจากนี้ข้อคำถามควรใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย พร้อมทั้งระบุเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ

2.3 ข้อสอบควรเน้นคำตอบสั้นๆ เช่น 1-2 หน้า กระดาษจะเหมาะสมกว่าความยาว 3-4 หน้ากระดาษ นั่นคือเน้นคำตอบที่มีขอบเขตจำกัด ทั้งนี้เพื่อให้ข้อสอบเป็นตัวแทนของเนื้อหาวิชา อีกประการหนึ่งก็เพื่อลดความลำเอียงในการให้คะแนน แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้หมายความว่าข้อสอบอัตนัยควรมีลักษณะคำตอบแบบจำกัดคำตอบเท่านั้น บางข้ออาจต้องให้แบบไม่จำกัดคำตอบเพื่อวัดความสามารถในการบูรณาการ และความคิดริเริ่ม

2.4 ไม่ควรสร้างข้อสอบอัตนัยแบบให้เลือกทำ เช่น ให้เลือกทำ 4 ข้อ จาก 6 ข้อ เพราะ ยากที่จะสร้างข้อสอบให้มีความยาก-ง่ายเท่ากัน ผู้ที่เก่งอาจจะมีแนวโน้มว่าจะเลือกทำข้อที่ยากหรือมีลักษณะท้าทาย ยุ่งยากหรือสลับซับซ้อน และผู้ตอบอาจจะเกิดความลังเลในการเลือกทำข้อสอบ ทำให้เสียเวลา ซึ่งส่งผลต่อคะแนนการสอบ

2.5 ควรสร้างให้เหมาะสมกับความสามารถและวุฒิภาวะของผู้ตอบ

2.6 ควรสร้างข้อสอบให้มีรูปแบบใหม่ สถานการณ์ใหม่ ซึ่งมีลักษณะท้าทายการพัฒนาการของผู้ตอบในด้านความสามารถของสมองในระดับสูง

3. ขึ้นสร้างเฉลยคำตอบและการให้คะแนน ซึ่งเป็นขั้นตอนการเฉลยคำตอบที่มีโอกาสเป็นไปได้พร้อมทั้งกำหนดกฎเกณฑ์การให้คะแนน

4. ขั้นตอนทบทวนและคัดเลือกข้อสอบ

4.1 ตรวจสอบว่าข้อสอบแต่ละข้อที่สร้างวัดตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งหรือตามตารางวิเคราะห์เนื้อหาหรือไม่

4.2 คัดคะแนนว่าข้อสอบแต่ละข้อมีระดับความยากระดับใด เช่น ยาก ปานกลาง และน้อย พร้อมทั้งพิจารณาว่ามีโอกาสที่จะมีผู้ตอบถูกหรือไม่ ถ้าคาดว่าจะไม่มีก็ควรตัดทิ้ง หรือปรับปรุงให้ง่ายขึ้น

4.3 คัดเลือกข้อสอบตามจำนวนข้อที่ต้องการ พร้อมทั้งพิจารณาว่าจำนวนข้อที่คัดเลือกนั้นเหมาะสมกับเวลาในการสอบ

3.4 ประเภทของการให้คะแนนข้อสอบอัตนัย

สูนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2536, น. 32-33) ได้แบ่งการให้คะแนนข้อสอบอัตนัยออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การให้คะแนนแบบจุด หรือแบบวิเคราะห์แบบส่วนๆ (Point method or Analytical method) เป็นการจัดเตรียมเกณฑ์ซึ่งแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ มีกฎเกณฑ์การให้คะแนนที่ตายตัว วิธีการให้คะแนนโดยการเปรียบเทียบคะแนนกับเฉลย ถ้าถูกต้องตามเฉลยก็ให้คะแนนเต็ม ถ้าถูกบางส่วนก็ให้คะแนนลดลงตามที่วางไว้ การตรวจให้คะแนนด้วยวิธีนี้ เหมาะสมกับแบบจำกัดคำตอบ

2. การให้คะแนนแบบประเมินค่าหรือแบบภาพรวม (Rating method or Global Holistic method) เป็นการจัดเตรียมเกณฑ์การให้คะแนนแบบกว้างๆ วิธีตรวจให้คะแนนอย่างกว้างๆ วิธีให้คะแนนโดยเปรียบเทียบคำตอบข้อหนึ่งๆ กับของทุกคน พร้อมทั้งจัดแบ่ง ตามคุณภาพออกเป็นกลุ่มหรือเป็นกองๆ เช่นข้อนั้นมีคะแนนเต็ม 8 คะแนน จะมี 6 กอง คือ กองคะแนน ตั้งแต่ 0-8 คะแนน หรือบางครั้งแบ่งออกเป็น 5 กอง เช่น ดีเยี่ยม ดี ปานกลาง ไม่ดี และแย่มาก เป็นต้น วิธีนี้เหมาะกับข้อสอบอัตนัยไม่จำกัดคำตอบ

การวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย

ในการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยนั้นสามารถประยุกต์วิเคราะห์หลักการวิเคราะห์ข้อสอบแบบเลือกตอบมาใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยได้ โดยการหาอัตราส่วนของคะแนนที่สอบได้ของคนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน แล้วคำนวณค่าดัชนีของข้อสอบแต่ละข้อตามหลักการวิเคราะห์ข้อสอบแบบเลือกตอบ การแปลความหมายจะแปลความหมายเช่นเดียวกับแบบทดสอบปรนัย แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์แบบทดสอบอัตนัย มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเสมอคือ ค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนก ซึ่งเป็นผลจากการให้คะแนน ดังนั้นก่อนวิเคราะห์ข้อสอบอัตนัย ควรแน่ใจว่าการตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยดีแล้ว เพราะหากก่อนตรวจไม่เป็นปรนัย จะทำให้การแปลความหมายความยากง่ายและอำนาจจำแนกผิดพลาดไปด้วย

สำหรับงานวิจัยเล่มนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรของ D.R. Whitney & D.L. Sabers (ลัวิน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 217-219) วิเคราะห์ข้อสอบแบบอัตนัยประเภทจำกัดคำตอบ และหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบอัตนัยโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's Alpha method) (ลัวิน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น. 200)

สำหรับงานวิจัยเล่มนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขึ้นบูรณาการ จำนวน 20 ข้อ โดยวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการ

ตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบจุด หรือวิเคราะห์เป็นส่วนๆ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เนื่อทอง น่ายี (2544, น. 87-89) ได้ศึกษาชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอน ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยลักษณะกิจกรรมเป็นแบบให้นักเรียนปฏิบัติด้วยตนเอง ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสูงกว่านักเรียนที่สอนโดยครูผู้สอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิวัฒน์ ดวงภูมิเมศ, ประสานพันธ์ สุริศักดิ์, และ แก้วอุไร วารินทร์ (2018, น. 70-72) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของสมาชิกในกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เอราวรรณ ศรีจักร (2550, น. 77-78) ได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบกับแบบฝึกทักษะ กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นอนุบาล 2 ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัยหลังการจัดกิจกรรมโดยรวมอยู่ระดับดีมาก และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ฐิติพร ดวงจิตร (2548, น. 75-78) ได้พัฒนาชุดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ผลการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนพบว่า นักเรียนมีความตั้งใจ และกระตือรือร้นที่จะทำการทดลอง ร่วมมือในการทำกิจกรรม และตอบคำถาม ทำให้บรรยากาศในห้องเรียนดีขึ้น

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการหรือชุดกิจกรรมสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นต้องพัฒนาให้กับนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งถือเป็นทักษะที่สำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของการทดลองทางวิทยาศาสตร์

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษาหลายท่าน(จันทร์จิรา เทพดนตรี, 2558, น. 58; ศิริลักษณ์ วิทยา, 2555, น. 45) ได้นิยามความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นคุณลักษณะเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถของบุคคลที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่างๆ ที่ได้มาจากการสั่งสมประสบการณ์ทางการเรียน การจัดกิจกรรมทางการเรียน การฝึกทักษะ สามารถวัดได้จากสังเกตและวัดด้วยแบบทดสอบหรือเครื่องมือทางจิตวิทยา

4.2 ลำดับขั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชวลิต ชูกำแหง (2550, น. 90-93) ได้กล่าวถึงลำดับการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ ซึ่งมีลำดับขั้น 6 ขั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.2.1 จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้ บอกได้ ระบุน บอกชื่อได้ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความหมายของทฤษฎีได้

4.2.2 เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย ยกตัวอย่าง สรุป อ้างอิง ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายแนวคิดของทฤษฎีได้

4.2.3 ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำไปใช้ ประยุกต์ใช้ แก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาได้

4.2.4 วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบาย ลักษณะการจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถอธิบายความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

4.2.5 ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจาร์ณ ตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

4.2.6 คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (Design) วางแผน ผลิต ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2553, น. 204-213) กล่าวถึงลำดับการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูมเก่า ซึ่งมี 6 ขั้นตอน สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความรู้ การวัดความรู้หรือวัดระดับความจำ เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในการระลึกเรื่องราว หรือสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว เช่น คำศัพท์ นิยาม ข้อเท็จจริง หลักการ หรือกลวิธีในการแก้ปัญหา

2. ความเข้าใจ การวัดระดับความเข้าใจนั้น คำถามที่ใช้วัดจะต้องเป็นคำถามที่ได้นำเรื่องราวซึ่งเคยเรียนรู้มา แล้วมาใช้แก้ปัญหาตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดขึ้น สิ่งสำคัญคือจะต้องมีลักษณะที่ทำให้นักเรียนระลึกถึงความรู้ที่จำเป็นซึ่งเคยเรียนมาแล้วมาใช้แก้ปัญหา โดยแบ่งย่อยเป็น 3 ระดับดังนี้ คือ

2.1 ระดับการแปลความ เป็นความสามารถของนักเรียนในการถอดความของเรื่องราว หรือข้อความให้เป็นสัญลักษณ์ใหม่ที่ไม่เหมือนเดิม

2.2 การตีความ เป็นการวัดความสามารถของนักเรียนในการนำข้อมูลเรื่องราวที่อ่านมาวินิจฉัย เพื่ออธิบายว่าเรื่องราวนั้นเป็นอย่างไร หรือเพื่อเป็นการสรุปข้อความในเรื่องราวมากกว่าการแปลความ การตีความสามารถอธิบายความสามารถได้นอกเหนือจากข้อความที่ปรากฏในข้อความ สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่างๆ ได้ และสามารถรวบรวมข้อความที่สำคัญจากบทความได้ด้วย

2.3 การขยายความ เป็นการวัดความสามารถที่จะต้องใช้สมรรถภาพทางสมองในระดับที่สูงขึ้นไปจากการแปลความ และการตีความ มีลักษณะเป็นการพิจารณาแนวโน้มหรือแนวทาง รูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่จะเป็นไปได้ โดยพิจารณาจากสภาพการรับรู้ข้อความในการสื่อสารที่ตนได้รับ

3. การนำไปใช้ มีลักษณะการวัดคล้ายกับระดับความเข้าใจตรงที่ให้นักเรียนนำเรื่องราวที่ได้เรียนมาแล้วแก้ปัญหาและต่างกันตรงที่คำถามนั้นจะช่วยให้ นักเรียนตัดสินใจได้ว่า จะใช้อะไรแก้ปัญหาเรื่องราวหรือความรู้ที่เคยเรียนมา โดยคำถามในระดับนี้สามารถตรวจสอบว่านักเรียนสามารถเลือกเอาความรู้ที่เหมาะสมที่สุดมาใช้แก้ปัญหาใหม่ๆ ได้อย่างถูกต้องหรือไม่

4. การวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการวิเคราะห์โดยวิธีต่อไปนี้

4.1 ซึ่ให้เห็นความคลาดเคลื่อนในเรื่องราวต่างๆ เช่น ความขัดแย้ง ความคลาดเคลื่อนในการอนุมาน หรือความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความ

4.2 ซึ่ให้เห็นความสัมพันธ์หรือจำแนกประเภทของเรื่องราวต่างๆ เช่น ข้อเท็จจริง ข้อสมมติฐาน แนวความคิด ฯลฯ ในเรื่องราวนั้นๆ

5. การสังเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการนำเอาหน่วยความรู้ย่อยๆ มาผสมผสาน หรือมาจัดระเบียบใหม่เพื่อให้เกิดเป็นโครงสร้างขึ้นมาใหม่ที่แปลกกว่าเดิม ชัดเจนกว่าเดิมและมีคุณภาพดีด้วย นักเรียนมีความรู้ในระดับนี้ จะต้องมีความสามารถในการมองเรื่องราวต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางและหลายแง่มุม รู้จักพลิกแพลงปรับปรุงของเดิมให้แปลกใหม่กว่า

6. การประเมินผล เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินคุณค่าของแนวคิด ผลผลิตและวิธีการ ฯลฯ ได้ตามจุดหมาย พร้อมกับสามารถแสดงเหตุผลที่ถูกต้องและเหมาะสม สำหรับการตัดสินนั้นๆ

จากลำดับขั้นการวัดด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมเก่าและบลูมใหม่ มีความ คล้ายคลึงกัน จะต่างกันในส่วนของขั้น สังเคราะห์ จะปรากฏในแนวคิดของบลูมเก่าเท่านั้น และคิด สร้างสรรค์ จะปรากฏอยู่ในแนวคิดของบลูมแบบใหม่

4.3 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ราตรี นันทสุคนธ์ (2553, น. 87-92) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มี คุณภาพ จะต้องมีความลักษณะที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงเส้นคงวาของการวัด ไม่ว่าจะนำ แบบทดสอบนั้นไปวัดกับกลุ่มตัวอย่างกี่ครั้ง ก็ยังคงได้คะแนนเท่าเดิม

2. ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง การที่แบบทดสอบนั้นวัดได้ตามสิ่งที่ต้องการ จะวัดหรือวัดได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด ความเที่ยงตรงแบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความ เที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง และความเที่ยงตรงเชิงสัมพันธ์

2.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดได้ สอบคล่องและครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด

2.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) หมายถึง แบบทดสอบที่ สามารถวัดได้ตามลักษณะหรือตามทฤษฎีต่างๆ ของโครงสร้างนั้น

2.3 ความเที่ยงตรงเชิงสัมพันธ์ (Criterion-relate validity) หมายถึง ความ เที่ยงตรงแบบอาศัยเกณฑ์ที่ต้องการเป็นหลัก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความเที่ยงตรงตาม สภาพ และความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์

2.3.1 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง แบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตามสภาพจริงของกลุ่มตัวอย่าง

2.3.2 ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) หมายถึง แบบทดสอบที่วัดได้ตามความเป็นจริง และผลที่ได้สามารถนำไปใช้ทำนายอนาคตของกลุ่ม ตัวอย่างได้ถูกต้อง

3. ความยากง่าย (Difficulty) หมายถึง ค่าที่คำนวณได้จากจำนวนคนที่ทำข้อสอบนั้น ถูก ใช้สัญลักษณ์ p ซึ่งย่อมาจาก percent และ proportion โดยปกติข้อสอบที่มีความยากง่ายที่ ใช้ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20-0.80

ถ้ามีค่าต่ำกว่านี้แสดงว่าจำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกมีน้อย ถือว่าข้อสอบนั้นยากเกินไป

ถ้ามีค่าสูงกว่านี้แสดงว่าจำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกมีมาก ถือว่าข้อสอบนั้นง่ายเกินไป

ถ้ามีค่า 0.50 แสดงว่าจำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกมีประมาณร้อยละ 50 ถือว่าข้อสอบนั้นมีความยากง่ายปานกลางหรือพอเหมาะ

4. อำนาจจำแนก (Discrimination) ใช้สัญลักษณ์ r แทน

กรณีเป็นแบบทดสอบอิงกลุ่ม อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถในการจำแนกเด็กเก่งและเด็กอ่อนได้

กรณีเป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียน

5. ความเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง ความชัดเจนของข้อคำถาม มาตรฐานในการให้คะแนน และการแปลความหมายของคะแนนของแบบทดสอบ ซึ่งไม่ว่าใครจะอ่านก็ตามจะเข้าใจตรงกันว่าถามอะไร

6. ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่ดี นอกจากจะวัดความรู้ของนักเรียนได้แล้ว ยังสามารถนำผลการสอบไปใช้ประโยชน์เพื่อให้ความคุ้มค่ากับเวลาและงบประมาณที่ใช้ในการจัดทำ เช่น ผลการสอบนำไปใช้ในการแนะแนว หรือหาจุดบกพร่องของนักเรียน เป็นต้น

ดังนั้นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต้องมีการหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลำดับดังนี้ 1) ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา 2) ค่าความเชื่อมั่น 3) ค่าความยากง่าย และ 4) ค่าอำนาจจำแนก

4.4 หลักการสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

4.4.1 หลักการสร้างตัวคำถาม (Stem)

สำหรับขั้นตอนการสร้างคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีนักการศึกษาบางท่านกล่าวไว้ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. ตัวคำถามมีความสมบูรณ์ เขียนด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย สั้น ชัดเจน ไม่ต่อความหรือถามหลายประเด็น

2. ประโยคบอกเล่าในการถาม หลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธ หากจำเป็นควรขีดเส้นใต้

3. หากต้องการใช้ศัพท์เทคนิคควรมีภาษาอังกฤษกำกับหรือแปลความหมายไว้ด้วย

4. อาจมีการใช้รูปภาพประกอบเพื่อให้เข้าใจได้ง่าย ถามคำถามให้ลึกและไม่แนะนำคำตอบ (จันทร์จิรา เทพดนตรี, 2558, น. 60)

4.4.2 หลักการสร้างตัวเลือก (Alternative)

จันทร์จิรา เทพดนตรี (2558, น. 60) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างตัวเลือกในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. ควรมีตัวเลือกหลายตัวโดยที่ตัวเลือกทุกตัวในข้อเดียวกันจะต้องมีความ เอกพันธ์

2. มีโอกาสถูกและมีความยากง่ายพอๆ กัน

3. ภาษาที่ใช้ไม่ควรตรงข้อคำถาม

4. เรียงตัวเลือกตามหลักการและเหตุผล

5. ตัวเลือกที่ถูกควรมีตัวเลือกเดียวและไม่ควรนำตัวเลือกปลายเปิดมาใช้ หากจำเป็นต้องใช้ควรใช้ให้เหมาะสม

6. ควรมีจำนวนตัวเลือกที่เหมาะสมกับวัยและระดับชั้น

ดังนั้นแบบทดสอบที่ดีต้องมีลักษณะดังนี้ ข้อสอบควรมีหลายตัวเลือก และมีความเป็นเอกพันธ์ เขียนด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน

4.5 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีนักวิชาการบางท่านกล่าวไว้ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นการประเมินเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา

2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการ เอกสารหลักสูตร คู่มือ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. กำหนดกรอบโครงสร้างและรูปแบบของการวัด โดยคณะกรรมการซึ่งประกอบไปด้วย ครูผู้สอน ศึกษานิเทศก์ นักวิชาการ นักวัดผล และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องทางการศึกษา

4. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ผ่านการวิพากษ์วิจารณ์โดยคณะกรรมการ เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณลักษณะที่ดีและได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงโดยคณะกรรมการ

5. นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองในภาคสนาม กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มทางสถิติ

6. วิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบโดยนำผลที่ได้จากผลทดสอบมาวิเคราะห์ประมวลผลเพื่อหาค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ค่าความเชื่อมั่น โดยมีขั้นตอน ดังนี้

6.1 หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบโดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80

6.2 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เลือกแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

6.3 นำแบบทดสอบที่ได้ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกที่เหมาะสมมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ

7. นำแบบทดสอบที่ได้รับการพิจารณาปรับปรุงและพัฒนา ไปทดลองในภาคสนามอีกครั้ง

8. นำข้อสอบที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้ในการประเมิน (จันทร์จิรา เทพดนตรี, 2558, น. 61-63; ศิริลักษณ์ วิทยา, 2555, น. 50)

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยพบว่าการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิยมใช้แบบทดสอบแบบปรนัย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก โดยครอบคลุมพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย 3 ด้าน คือ ด้านการประยุกต์ ด้านวิเคราะห์และ ด้านประเมินค่า จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน คะแนนเต็มทั้งฉบับ 20 คะแนน และหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยวิเคราะห์จากค่า ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เพื่อให้ได้แบบทดสอบที่มีคุณภาพ สำหรับใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ว่ามีประสิทธิภาพ)

4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประเทืองทิพย์ สุกุลจันทร์ (2545, น. 67-68) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การแปรรูป และทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน วัดเขมาภิรตาราม เมื่อนำบทปฏิบัติการไปทดลองสอน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เมธา โยธาฤทธิ์ (2549, น. 82) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการเรื่องระบบนิเวศป่าชายเลน สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผลการวิจัยพบว่า โดยภาพรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเจตคติของนักศึกษาต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี

อรทัย ศรีสมชัย (2547, น. 71) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อนำไปทดลองสอนกับนักเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับมาก

Patrick A.O (2010, p. 171-177) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ด้วยวิธีทำปฏิบัติการในรายวิชา ชีววิทยา พบว่า กลุ่มผู้เรียนที่ได้ลงมือปฏิบัติการทดลองมีคะแนนปฏิบัติการและคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้การลงมือปฏิบัติการทดลองยังช่วยกระตุ้นความเข้าใจของผู้เรียนเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาชีววิทยาซึ่งมีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา

Peter O.I, Abiodun A.P, & Jonathan O.O (2010, p. 59-64) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยประเมินผลการเรียนรู้จากการทำงานร่วมกันและการทำแบบฝึกหัดของผู้เรียน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่ได้รับการเรียนรู้แบบปฏิบัติการ และกลุ่มควบคุมได้รับการเรียนรู้แบบบรรยาย จากการศึกษาพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการเป็นการจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ทำให้ผู้เรียนกระตือรือร้นในการเรียน และทำให้บรรยากาศในการเรียนรู้ดีด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามระยะดังนี้

ระยะที่ 1 เตรียมการ

ระยะที่ 2 สร้างบทปฏิบัติการและเครื่องมือในการวิจัย

ระยะที่ 3 ดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 เตรียมการ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเตรียมการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไฟฟ้าเบื้องต้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2. ศึกษาตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สาระที่ 5 พลังงาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น ดังตาราง 4

ตาราง 4 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

สาระที่	มาตรฐานที่	ตัวชี้วัด	เนื้อหา/สาระการเรียนรู้
สาระที่ 5 พลังงาน	มาตรฐาน ว 5.1	- ทดลองและอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่างความ ต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้าและ ความต้านทานมีความสัมพันธ์กัน ตามกฎของโอห์ม - การนำกฎของโอห์มไปใช้ วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ระยะที่ 2 สร้างบทปฏิบัติการและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. สร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นโดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 นำผลการศึกษาค้นคว้าในระยะที่ 1 มากำหนดรูปแบบและเนื้อหาของบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

1.2 สร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังตาราง 5

ตาราง 5 ชื่อและเวลาที่ใช้ในแต่ละบทปฏิบัติการ

ลำดับที่	ชื่อบทปฏิบัติการ	เวลาที่ใช้ (คาบ)
1	ความสัมพันธ์ VIR	4
2	ความต้านทาน	4
3	วงจรอนุกรมพื้นฐาน	4
3	วงจรขนานพื้นฐาน	4
รวม		16

จากตาราง 5 แต่ละบทปฏิบัติการย่อย ประกอบไปด้วย ใบความรู้ บทปฏิบัติการ แบบบันทึกผลการทดลอง และแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ

1.3 การตรวจสอบคุณภาพของบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน โดยวิธีการและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.3.1 นำบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ ความครอบคลุมของเนื้อหา ความสอดคล้องของเนื้อหา และกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เรียบร้อย

1.3.2 นำบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีคุณสมบัติมีวุฒิดีการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญา

เอกด้านการสอนวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ หรือมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในรายวิชา วิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ ตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แต่ถ้าส่วนใดมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.6ให้นำมาแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับประเด็นที่แก้ไขมีดังนี้

1. ควรปรับปรุงรูปภาพในบทปฏิบัติการ ให้มีความคมชัด และภาพควรมีความน่าสนใจ โดยการใส่รูปภาพที่มีสีสันสวยงาม

2. ควรตรวจสอบการใช้คำในบทปฏิบัติการ ให้มีความชัดเจน สามารถสื่อสารได้ดี กระชับ และไม่กำกวม

1.3.3 นำบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบางปะหัน เพื่อปรับปรุงแก้ไขด้านเนื้อหา และภาษาให้เหมาะสมกับระดับความสามารถของนักเรียน

2. การสร้างคู่มือครูบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน โดยผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

2.1 จัดทำคู่มือครูบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานจำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ใ้ความรู้ ใ้กิจกรรม พร้อมเฉลย บทปฏิบัติการที่ประกอบไปด้วย คำนำ คำชี้แจงสำหรับครู แนวคำตอบรายงานผลการทดลอง แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ

2.2 นำคู่มือครูที่วิจัยสร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว เสนออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะให้เรียบร้อยแล้ว

2.3 นำคู่มือครูที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ที่มีคุณสมบัติมีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทหรือปริญญาเอกด้านการสอนวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ หรือมีวิทยฐานะชำนาญการพิเศษในรายวิชาวิทยาศาสตร์หรือฟิสิกส์ ตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการเรียนรู้ โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.6 ขึ้นไป แต่ถ้าส่วนใดมีค่าดัชนีความสอดคล้องต่ำกว่า 0.6ให้นำมาแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับประเด็นที่แก้ไขมีดังนี้

2.3.1 ควรปรับปรุงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา

2.3.2 ควรเพิ่มเกณฑ์การวัดประเมินผลให้ครบถ้วน

2.4 นำคู่มือครูทั้งหมดที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนบางปะหัน พระนครศรีอยุธยา จำนวน 40 คน ผู้วิจัยพบข้อบกพร่องคือ 1) กิจกรรมการทดลองบางการทดลองไม่สัมพันธ์กับเวลาที่ใช้ในการทดลอง 2) นักเรียนใช้อุปกรณ์ในการอ่านค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ได้ไม่คล่องแคล่ว ข้อดีที่พบคือ 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจกระตือรือร้นในการเรียน 2) การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และได้ฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อบกพร่องมาปรับปรุงให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ก่อนนำไปใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงในการดำเนินการวิจัยต่อไป

3. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบวัดความรู้ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ชุด ชุดละ 20 ข้อ โดยครอบคลุมพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ ด้านการประยุกต์ใช้ (Applying) ด้านวิเคราะห์ (Analyzing) และด้านประเมินค่า (Evaluation) โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

ขั้นเตรียมการ

1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องไฟฟ้า เพื่อกำหนดความสำคัญของเนื้อหา จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด และจำนวนข้อของแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร

ขั้นสร้าง

1) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยในการสร้างคำถามจะต้องมีความชัดเจนใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย แต่ละคำถามจะมีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว ส่วนตัวเลือกจะเป็นประเด็นเรื่องเดียว มีความยาวใกล้เคียงกันและกระจายคำตอบของข้อสอบทั้งหมดให้มีสัดส่วนของแต่ละตัวเลือกใกล้เคียงกัน

2) พิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบให้ครอบคลุมทั้งปัญหาและตัวเลือกและเหตุผลในการสร้างตัวเลือก รวมทั้งคำตอบที่ถูกต้อง

3) สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการจะวัดโดยสร้างแบบวัดเป็นแบบชนิดเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 2 ชุด ชุดละ 20 ข้อ

ขั้นตรวจสอบคุณภาพ

1) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามตารางการวิเคราะห์แบบทดสอบ (ภาคผนวก ค) เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหาแล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบทดสอบไปประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินพร้อมทั้งให้ข้อเสนอและปรับปรุง โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

- | | |
|----------|--------------------------------------|
| คะแนน +1 | เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้อง |
| คะแนน 0 | เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้อง |
| คะแนน -1 | เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้อง |

ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีคำแนะนำดังนี้

1. ปรับแก้ภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบให้มีความสม่ำเสมอ
2. ปรับแก้ความชัดเจนของกราฟ และภาพประกอบ

3) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนบางปะหัน และโรงเรียนบ้านแพรกประชาสรรค์ จำนวน 40 คน

4) นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจแล้วให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูก

คะแนน 0 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบ

5) นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก โดยวิเคราะห์เป็นรายข้อโดยใช้สูตรแบบง่ายในการแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ เป็นร้อยละ 50 หลังจากคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้น

ไป จากจำนวนข้อสอบ 40 ข้อ จึงคัดเลือกไว้ 20 ข้อ ซึ่งได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.64

6) นำคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น.197-198) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.86

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านประยุกต์ใช้ จำนวน 5 ข้อ ด้านวิเคราะห์ 7 ข้อ และด้านประเมินค่า 8 ข้อ ซึ่งนำไปใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างโดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน

4. การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบ จำนวน 30 ข้อ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบแบบจุด คะแนนเต็มข้อละ 1 คะแนน โดยครอบคลุมทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการทดลอง และทักษะการสรุปและลงความหมายจากข้อมูล

ขั้นเตรียมการ

1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2) วิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องไฟฟ้า เพื่อกำหนดความสำคัญของเนื้อหา จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด และจำนวนข้อของแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาในหลักสูตร

ขั้นสร้าง

1) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยในการสร้างคำถามจะต้องมีความชัดเจนใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

2) พิจารณาคุณภาพของแบบทดสอบให้ครอบคลุมทั้งปัญหา และแนวทางการตอบสนองคล้อยกับปัญหา

3) สร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการจะวัดโดยสร้างแบบวัดเป็นแบบอัตนัยแบบจำกัดคำตอบจำนวน 30 ข้อ

ขั้นตรวจสอบคุณภาพ

1) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามตารางการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องกับเนื้อหาแล้วนำมาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท

2) นำแบบทดสอบไปประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประเมินพร้อมทั้งให้ข้อเสนอและปรับปรุง โดยเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ หรือมีวุฒิการศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต โดยใช้แบบวัดค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้อง

คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบมีความสอดคล้อง

คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่มีความสอดคล้อง

ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขข้อสอบตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยมีคำแนะนำดังนี้

1. แก้ไขภาษาที่ใช้ในแบบทดสอบให้มีความสม่ำเสมอ
2. ปรับปรุงช่องว่างในการเขียนคำตอบให้เหมาะสมกับคำตอบ
3. แก้ไขความชัดเจนของตาราง กราฟ และรูปภาพ

3) นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 โรงเรียน ประกอบด้วย โรงเรียนบางปะหัน และโรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ จำนวน 40 คน

4) นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนนโดยมีเกณฑ์พิจารณาดังนี้

+1 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบถูกหรือมีแนวโน้มที่ถูกต้อง

0 คะแนน สำหรับข้อที่นักเรียนตอบผิด

5) นำแบบทดสอบมาตรวจให้คะแนนเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก(D) และค่าความยากง่าย (PE) วิเคราะห์เป็นรายข้อจากสูตรของ D. R. Whitey and D. L Sabers(ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2538, น.217-219) หลังจากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป จากข้อสอบจำนวน 30 ข้อ คัดเลือกไว้จำนวน 20 ข้อ ได้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-0.80

6) นำคะแนนของแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.93

เมื่อได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพแล้ว ได้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จำนวน 20 ข้อ เป็นข้อสอบอัตนัยประเภทจำกัดคำตอบ โดยครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 ด้าน คือ ทักษะการตั้งสมมติฐานจำนวน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป และทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ จำนวนทักษะละ 4 ข้อ ซึ่งนำไปใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างโดยทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนซึ่งใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน

ตาราง 6 แสดงการจัดทำเครื่องมือสำหรับวิจัย

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์	ลักษณะ	การตรวจสอบคุณภาพ
1. บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน	เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน	บทปฏิบัติการจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ V I R 2) ความต้านทาน 3) วงจรอนุกรมพื้นฐาน 4) วงจรขนานพื้นฐาน	ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง ได้ค่าระหว่าง 0.60-1.00
2. คู่มือครูบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน	เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 20 คน	แผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานจำนวน 4 แผน	ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง ได้ค่าระหว่าง 0.60-1.00
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน-หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ ของกลุ่มตัวอย่าง	แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน	- ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง ได้ค่าระหว่าง 0.60-1.00 - ความยากง่าย 0.20-0.80 - อำนาจจำแนก 0.20-0.64 - ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.86

เครื่องมือ	วัตถุประสงค์	ลักษณะ	การตรวจสอบคุณภาพ
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ได้รับการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่าง	คะแนนเต็ม 20 คะแนน	- ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง ได้ ค่าระหว่าง 0.60-1.00 - ความยากง่าย 0.20-0.80 - อำนาจจำแนก 0.20-0.80 - ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.93

ระยะที่ 3 ดำเนินการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ ตำบลลำพะเนียง อำเภอบ้านแพรง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ ตำบลลำพะเนียง อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 จำนวนนักเรียน 20 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection)

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้ระยะเวลาทั้งหมด 21 คาบ ซึ่งมีรายละเอียดของเวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ระยะเวลาในการวิจัย

สัปดาห์ ที่	กิจกรรม	เวลาที่ใช้ (คาบ)
1	ทดสอบก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยการทำแบบทดสอบวัดผล สัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	2
2	ความสัมพันธ์ระหว่าง VI และ R	4
3	ความต้านทานไฟฟ้า	4
4	วงจรไฟฟ้าอนุกรมพื้นฐาน	4
5	วงจรไฟฟ้าขนานพื้นฐาน	4
6	- ทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณา การชุดเดียวกับก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ - นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับบทปฏิบัติการ	2 1
รวม		21

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน มาตรฐาน
ว 5.1 ม.3/2-3 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความ
ต้านทานไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi – experimental research) ผู้วิจัยใช้
รูปแบบการทดลองแบบหนึ่งกลุ่ม ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One-group pretest –
posttest design) ดังตาราง 8

ตาราง 8 แบบแผนการทดลอง

ตัวอย่าง	ทดสอบก่อน	ทดลอง	ทดสอบหลัง
E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มตัวอย่าง
T_1	แทน	การทดสอบก่อนเรียน
X	แทน	การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน
T_2	แทน	การทดสอบหลังเรียน

ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการและเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังนี้

1. ก่อนทำการทดลองให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจำนวน 2 คาบ แล้วบันทึกคะแนนที่ได้เป็นคะแนนก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้
2. ชี้แจงรายละเอียดและวิธีการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตนได้ถูกต้อง
3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบปฏิบัติการผสมผสานกับการใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 16 คาบ โดยมีการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนขณะปฏิบัติการทดลอง ตรวจรายงานผลการทดลองรายบุคคล และตรวจคำถามท้ายบทหลังจากการจัดการเรียนรู้จบในแต่ละบท
4. หลังจากการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ให้นักเรียนเขียนแสดงความรู้สึกที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานจำนวน 1 คาบ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้เวลา 2 คาบ แล้วบันทึกคะแนนที่ได้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้
5. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ก่อนและหลังได้รับ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

ระยะที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติดังนี้

1. สถิติพรรณนา ได้แก่

- 1.1 ร้อยละ คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- 1.2 ค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
- 1.3 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
- 1.4 วิเคราะห์คุณภาพของแบบประเมินเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability)

2. สถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

2.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมหรือบูรณาการก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for dependent samples)

2.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมหรือบูรณาการกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test for One sample)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ตอนที่ 2 ผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

2.3 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

2.4 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งรายด้านและภาพรวม หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ การแปลความในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย(Mean)
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	การทดสอบสถิติ
*	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
**	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
p	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance)
n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 1 ผลการสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

จากการนำบทปฏิบัติการเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้อง (Index of Consistency, IOC) เป็นเกณฑ์ในการประเมิน พบว่า บทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละบทปฏิบัติการดังตาราง 9

ตาราง 9 ดัชนีความสอดคล้องในแต่ละบทปฏิบัติการ

ประเด็นพิจารณา	IOC	แปลผล
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง		
1.1 เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน	1.00	สอดคล้อง
1.2 เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	1.00	สอดคล้อง
1.3 กิจกรรมสอดคล้องกับจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการด้วยตนเอง	0.80	สอดคล้อง
1.4 กิจกรรมในบทปฏิบัติการสอดคล้องมาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	0.80	สอดคล้อง
2. เนื้อหา สาระการเรียนรู้		
2.1 ปริมาณเนื้อหาเหมาะสมกับระยะเวลาที่กำหนดให้	1.00	สอดคล้อง
2.2 คำถามมีความสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียน	1.00	สอดคล้อง
2.3 เนื้อหามีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอน	1.00	สอดคล้อง
2.4 ลำดับเนื้อหาเหมาะสม	1.00	สอดคล้อง
2.5 ภาพประกอบมีความน่าสนใจ	1.00	สอดคล้อง
2.6 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	1.00	สอดคล้อง
2.7 เนื้อหามีความกระชับ ครอบคลุมเนื้อหา มีความน่าสนใจ	0.80	สอดคล้อง
2.8 บทปฏิบัติการมีการกำหนดจุดประสงค์ และวิธีการใช้บทปฏิบัติการอย่างชัดเจน	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 9 (ต่อ)

ประเด็นพิจารณา	IOC	แปลผล
3. กิจกรรมการเรียนการสอน		
3.1 กิจกรรมการเรียนการสอนน่าสนใจ	1.00	สอดคล้อง
3.2 ลำดับเนื้อหา มีลำดับขั้นตอนต่อเนื่อง	0.60	สอดคล้อง
3.3 กิจกรรมในบทปฏิบัติการมีความสอดคล้องกับเรื่องที่สอน	0.80	สอดคล้อง
3.4 กิจกรรมมีความเหมาะสมกับระดับนักเรียน	0.80	สอดคล้อง
3.5 กิจกรรมการเรียนรู้เน้นให้นักเรียน ฝึกปฏิบัติและเรียนรู้ด้วยตนเอง อย่างมีประสิทธิภาพ	1.00	สอดคล้อง
3.6 กิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น อย่างอิสระ	0.80	สอดคล้อง
3.7 ในกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนได้ใช้กระบวนการฝึกแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความรอบรู้	0.80	สอดคล้อง
4. การนำไปใช้		
4.1 บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานเหมาะสมต่อการนำไปใช้ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	0.60	สอดคล้อง
4.2 บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน มีความสะดวกต่อการ นำไปใช้ สำหรับครูผู้สอน	0.60	สอดคล้อง
4.3 บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน สามารถฝึกทักษะการ เรียนรู้ และสามารถให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง	0.80	สอดคล้อง
4.4 บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เป็นชุดที่สะดวกต่อการ นำมาใช้ของครูผู้สอนและนักเรียน	0.60	สอดคล้อง
4.5 มีวิธีการอธิบายการใช้บทปฏิบัติการให้กับนักเรียนอย่างชัดเจน นักเรียนสามารถนำไปใช้เรียนได้	0.80	สอดคล้อง

จากตาราง 9 ค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละด้านของบทปฏิบัติการ จะเห็นว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการสอนและการนำไปใช้ เมื่อนำบทปฏิบัติการไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน พบว่านักเรียนสามารถดำเนินการตามบทปฏิบัติการได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ตอนที่ 2 ผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

ตาราง 10 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

รายการ	n	df	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
1. ด้านการประยุกต์ใช้ (Applying)	20	19	1.90	0.78	3.50	0.76	8.43**	.00
2. ด้านวิเคราะห์ (Analyzing)	20	19	2.75	0.85	4.90	0.78	8.83**	.00
3. ด้านประเมินค่า (Evaluation)	20	19	3.10	0.78	5.40	0.82	10.51**	.00
ภาพรวม	20	19	7.70	2.16	13.80	2.11	11.785*	.00

** p < .01

จากตาราง 10 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 11 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

รายการ	n	df	หลังเรียน		t	p	เกณฑ์
			$\bar{X}$	S.D.			
1. ด้านการประยุกต์ใช้ (Applying)	20	19	3.50	0.76	3.24**	.00	3.00 (ร้อยละ60)
2. ด้านวิเคราะห์ (Analyzing)	20	19	4.90	0.78	3.97**	.00	4.20 (ร้อยละ60)
3. ด้านประเมินค่า (Evaluation)	20	19	5.40	0.82	3.27**	.00	4.8 (ร้อยละ60)
ภาพรวม	20	19	13.80	2.11	3.80**	.00	12.00 (ร้อยละ60)

**p < .01

จากตาราง 11 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.3 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

ตาราง 12 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

รายการ	n	df	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
			$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	20	19	0.50	0.60	3.25	0.78	12.72**	.00
ทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ	20	19	0.60	0.59	2.70	0.47	16.99**	.00
ทักษะการกำหนดตัวแปร	20	19	0.80	0.61	2.85	1.08	8.34**	.00
ทักษะการทดลอง	20	19	0.35	0.48	2.35	0.98	8.71**	.00
ทักษะการตีความหมาย และลงข้อสรุป	20	19	1.20	0.76	2.90	0.91	7.76**	.00
ภาพรวม	20	19	3.45	1.73	14.00	3.19	19.52**	.00

**p < .01

จากตาราง 12 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเฉลี่ยภาพรวม และรายทักษะทั้ง 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมาย และลงข้อสรุป สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.4 การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งรายด้านและภาพรวม หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด

ตาราง 13 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งรายด้านและภาพรวม หลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นกับเกณฑ์ที่กำหนด(ร้อยละ 60)

รายการ	n	df	หลังเรียน		t	p	เกณฑ์
			$\bar{x}$	S.D.			
ทักษะการตั้งสมมติฐาน	20	19	3.25	0.78	4.83**	.00	2.40 (ร้อยละ 60)
ทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ	20	19	2.70	0.47	2.85**	.00	2.40 (ร้อยละ 60)
ทักษะการกำหนดตัวแปร	20	19	2.85	1.08	1.84*	.04	2.40 (ร้อยละ 60)
ทักษะการทดลอง	20	19	2.35	0.98	-0.22	.41	2.40 (ร้อยละ 60)
ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป	20	19	2.90	0.91	2.45**	.01	2.40 (ร้อยละ 60)
ภาพรวม	20	19	14.00	3.19	2.79**	.01	12 (ร้อยละ 60)

*p < .05, **p < .01

จากตาราง 13 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนทักษะรายด้านได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการกำหนดตัวแปรมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนทักษะการทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้นสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 2) เพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานในประเด็นดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยมีสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

- 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
- 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- 4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One-Group Pretest Posttest Design) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านแพรงประชาสรรค์ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 มีจำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 16 คาบ คาบละ 50 นาที (ไม่รวมทดสอบก่อนและหลังเรียน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ด้านความเหมาะสมของจุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหา สารการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน การนำไปใช้ และส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ อยู่ระหว่าง 0.60-1.00

2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเทคนิคการเรียนแบบ แบบจำลองเป็นฐาน ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์ เนื้อหา ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และการวัดประเมินผล อยู่ระหว่าง 0.60-1.00

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.00 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.64 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเป็น 0.86

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ที่มีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 20 ข้อ เพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะของนักเรียน ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการสรุป และลงความเห็นจากข้อมูล มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.00 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.85 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเป็น 0.93

สถิติพื้นฐานที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานได้แก่ 1) ใช้ t-test for Dependent Samples เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) ใช้ t-test for One Sample เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด(ร้อยละ 60)

สรุปผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการสร้างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

จากการนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องเชิงเนื้อหา โดยใช้แบบประเมินวัดดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency, IOC) เป็นเกณฑ์ในการประเมิน พบว่าบทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้องในแต่ละด้านอยู่ระหว่าง 0.60-1.00

ตอนที่ 2 ผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งภาพรวมและรายด้าน หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งภาพรวมและรายด้าน หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.4 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน พบว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในด้านทักษะวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการกำหนดตัวแปรนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในส่วนของทักษะการทดลองนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ ทั้งนี้ เนื่องจากขั้นตอนการสร้างและการออกแบบบทปฏิบัติการนั้น มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ อีกทั้งบทปฏิบัติการมีองค์ประกอบตามกำหนดประกอบด้วย เนื้อหา กิจกรรมในบทปฏิบัติการ จุดประสงค์การเรียนรู้ ภาพประกอบ ใบความรู้ และแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการ บทปฏิบัติการนี้ มีความสอดคล้องกันทุกองค์ประกอบ สอดคล้องกับงานวิจัยของฉัตรชัย วาญวรรณนะ (2546, น. 68-69) ซึ่งได้ศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จาก พางข้าว ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จึง ส่งผลให้ผลการเรียนรู้ด้านความรู้และทักษะกระบวนการปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้อง

กับสุรจิรา บุญเลิศ (2556, น.64) ซึ่งได้ศึกษาศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่อง สารละลายกรดและเบส ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อบทปฏิบัติการในระดับมาก

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ทั้งนี้เนื่องจาก บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เป็นสื่อการเรียนรู้ที่มีการลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ได้แก่ โดยบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 4 บทปฏิบัติการ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR บทปฏิบัติการที่ 2 ความต้านทาน บทปฏิบัติการที่ 3 วงจรอนุกรมอย่างง่าย และบทปฏิบัติการที่ 4 วงจรขนานอย่างง่าย ซึ่งในแต่ละบทปฏิบัติการจะมีกิจกรรมการทดลองที่ทำให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองและทักษะการสรุปและตีความหมายจากข้อมูล พร้อมทั้งในแต่ละบทปฏิบัติการยังมีใบความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการในแต่ละบท ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ อัมพร กุศลวงษ์ (2548, น. 132-133) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จังหวัดนครปฐม ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” มีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรยมล บัวศิริ (2546, น. 98) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปวีณนทร์ รังแก้ว (2559, น. 63) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเพาะเนื้อเยื่อพืช สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเพาะเนื้อเยื่อพืช มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

.05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อารยา วัฒนกุล (2558, น. 42-55) ที่ได้ศึกษา ผลการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ทาง วิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสารชีวโมเลกุลของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสูงกว่าการเรียนรู้แบบ ปกติ และมโนทัศน์ หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ในส่วนของการขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม (Phenomenon and Question) 2. ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น(Produce basic model) 3.ขั้นนำ แบบจำลองไปใช้(Test model) 4. ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง(Develop model) และ 5. ขั้นนำเสนอ และขยายแบบจำลอง(Elaborate model) แต่สำหรับขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยคิดว่า ส่งผลต่อคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากที่สุดคือขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม และขั้น นำไปใช้ ในส่วนของขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถามนั้น เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนด้วยปรากฏการณ์ที่ น่าสนใจ ทำให้นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา แหมมณี (2555, น. 38) ที่ กล่าวว่า ตัวอย่างที่สมควรเป็นตัวอย่างที่น่าสนใจและท้าทายความคิดความสามารถของนักเรียน ไม่ยากหรือง่ายจนเกินไป และตัวอย่างที่สมควรมีความหลากหลายและครอบคลุมลักษณะ องค์ประกอบสำคัญของมโนทัศน์ แนวคิด หลักการนั้น นอกจากนั้นการตั้งประเด็นคำถามให้ นักเรียนได้คิดค้นหาคำตอบจากตัวอย่างที่ให้ ก็มีความสำคัญอย่างมาก การตั้งประเด็นคำถามที่ ตรงจุด ตรงประเด็น และมีลักษณะที่ท้าทายความคิด จะช่วยจูงใจให้นักเรียนอยากคิด อยากหา คำตอบ และอยากเรียนรู้เพิ่ม ส่วนขั้นนำไปใช้ นักเรียนมีการทำงานเป็นกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิด กันระหว่างสมาชิกในกลุ่ม และนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา แหมมณี (2555, น. 25) ซึ่งกล่าวว่า การทดลองเป็นวิธีการที่ช่วยมุ่งให้นักเรียนรายบุคคลหรือราย กลุ่มเกิดการเรียนรู้โดยการเห็นผลประจักษ์ชัดจากการคิดและการกระทำของตนเอง ทำให้การ เรียนรู้นั้นตรงกับความจริง มีความหมายสำหรับนักเรียนและจำได้นาน

นอกจากนี้ในขั้นนำแบบจำลองไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปทดลอง ใช้กับสถานการณ์ โดยครูผู้สอน มีบทบาทคอยช่วยแนะนำ ช่วยเหลือนักเรียนระหว่างนักเรียนทำ กิจกรรม ส่งผลให้นักเรียนมีความสัมพันธ์ที่ดีกับครู เข้าใจเนื้อหามากขึ้น สนุกสนานในการทำ

กิจกรรม ดังตัวอย่างความคิดเห็นของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

“รู้สึกสนุก ตื่นเต้น ชอบมาก ได้ความรู้เยอะ ไม่เคยทำแบบนี้มาก่อน”

นักเรียนคนที่ 1

“สนุกดีคะ สามารถเอาไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ แถมเป็นเรื่องที่ง่ายและสนุก ได้ทดลองได้รับอะไรหลายอย่าง”

นักเรียนคนที่ 2

“ได้รู้พื้นฐานของไฟฟ้า และรับความสนุกจากการทดลอง”

นักเรียนคนที่ 3

จากตัวอย่างความคิดเห็นของนักเรียนพบว่า ความสัมพันธ์ที่ติดระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภารดี ภักดีโยธิน (2560, น. 132-133) ซึ่งได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 ผลการวิจัยพบว่าปัจจัยด้านการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียนมีความสัมพันธ์กับความสุขในการเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ทั้งนี้เนื่องมาจาก การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งให้นักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลองและทักษะการสรุปและตีความหมายจากข้อมูล ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดวางแผน แบ่งบทบาทหน้าที่ของสมาชิกภายในกลุ่ม โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำปรึกษาและแนะนำ ซึ่งส่งผลให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ สกล ขุขันธิน (2553, น. 102) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร ซึ่งผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ เรื่อง การบำบัดน้ำเสีย มีค่าเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนวรรณ โสมน้อย (2548, น. 78) ที่ได้พัฒนาบท

ปฏิบัติการเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรทัย ศรีสมชัย (2547, น. 71) ได้พัฒนาบทปฏิบัติการ สิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน โดยบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการสังเกต การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นการฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนอีกด้วย ขณะที่นักเรียนทำการทดลอง ผู้สอนจะต้องดูแล และให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิด เพราะจะช่วยอธิบายเนื้อหาในส่วนที่นักเรียนไม่เข้าใจ และช่วยแก้ปัญหาของนักเรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ทิศนา ขัมมณี (2555, น. 28) ซึ่งกล่าวว่า สอนโดยการทดลองเป็นวิธีสอนที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ผ่านกระบวนการต่างๆ ได้พิสูจน์ ทดสอบ และเห็นผลประจักษ์ด้วยตนเอง จึงเกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความเข้าใจ และจดจำการเรียนรู้ได้นาน นักเรียนได้มีโอกาสได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการต่างๆ จำนวนมาก เช่น ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการคิด และทักษะกระบวนการกลุ่ม รวมทั้งได้พัฒนาลักษณะนิสัยใฝ่รู้ อีกทั้งนักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมาก จะทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

ในทักษะการทดลอง เป็นทักษะที่ต้องใช้ทักษะอื่นๆ ร่วมด้วย ซึ่งตรงกับ ทิศนา ขัมมณี (2555, น. 27) ที่กล่าวว่า นักเรียนจะเรียนรู้ในรูปแบบการทดลองได้ดี หากนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น ผู้สอนจึงควรฝึกฝนทักษะดังกล่าวให้นักเรียน ก่อนให้นักเรียนทำการทดลอง หรือไม่ก็ต้องฝึกไปพร้อมๆ กัน ดังนั้นหากนักเรียนไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนโดยวิธีการทดลอง หรือมีประสบการณ์เกี่ยวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์น้อย ดังนั้นการพัฒนาทักษะการทดลองจึงเป็นไปได้ยากในระยะเวลายาวนาน ซึ่งเมื่อสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับประสบการณ์ในการทดลองในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนไม่มีประสบการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ หรือมีประสบการณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์น้อย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำวิจัยไปใช้

1.1 บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม ครูผู้สอนควรตรวจสอบความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทุกคาบ เช่น การต่อหลอดไฟ การต่อโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ การอ่านค่าจากโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ การวางแผนการทดลอง การสรุปผล เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ระยะเวลามาก ดังนั้น ครูผู้สอนควรวางแผน และออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลา

1.3 การจัดการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ครูผู้สอนควรเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม และเพียงพอสำหรับนักเรียนในแต่ละกลุ่ม เพื่อให้ทุกคนมีโอกาสในการใช้อุปกรณ์ได้อย่างทั่วถึง

1.4 การจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่ม ครูผู้สอนควรจัดกลุ่มนักเรียนแบบความสามารถ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการช่วยเหลือแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกลุ่ม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการทำงานเป็นทีมของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาความพึงพอใจเกี่ยวกับบทปฏิบัติการในแต่ละบท เพื่อตรวจสอบผลการจัดการจัดการเรียนรู้

2.2 ควรศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานที่พัฒนาความสามารถด้านอื่นๆ เช่น เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากระหว่างการทดลองผู้วิจัยสังเกตเห็นความกระตือรือร้นของนักเรียน และความสนุกสนานในขณะทดลอง

2.3 ควรศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน ในด้านการพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

บรรณานุกรม

- กฤษณา โภคพันธ์. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จันทร์จิรา เทพดนตรี. (2558). การพัฒนาบทปฏิบัติการที่เน้นปัญหาเป็นฐานเรื่องยางพารา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- จารุวัฒน์ ชูรักษ์. (2557). การพัฒนาเครื่องวัดการดูดกลืนแสงและบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ฉัตรชัย วายูวรรณะ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง"การใช้ประโยชน์จากฟางข้าว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ชวลิต ชูกำแพง. (2550). การประเมินการเรียนรู้: มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชาญวิทย์ จรัสสุทธิศิร. (2545). การพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ฐิติพร ดวงจิตร. (2548). การพัฒนาชุดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นปีที่ 2. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ณัฏฐฤต เกื้อทาน. (2557). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทวิช แจ่มจำรัส. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้

- ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทิตนา แคมมณี. (2555). 14 วิธีสอน สำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิตนา แคมมณี. (2555). ศาสตร์การสอน: หลักการจัดการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนวรรณ โสมน้อย. (2548). การพัฒนาทปฏิบัติการเรื่องการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสีย้อมผ้า สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.
- ธัญญา คงทน. (2557). การพัฒนาแนวคิดเรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- ธัญญลักษณ์ วีระสมบัติ. (2558, มกราคม-มิถุนายน). ทักษะและคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับแรงงานไทยในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์. *Journal of HRintelligence*, 11(6), 14-31.
- นลินทิพย์ ภัคศรีกุลกำจร. (2561). ตลาดอิเล็กทรอนิกส์ของไทย : ผลกระทบจากการแข็งค่าของเงินบาท. สืบค้นจาก <https://mgronline.com/business/>
- นิตยา มีสุขดี. (2543). การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของชุดการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- เนื่อทอง นานี. (2544). ผลการใช้ชุดกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับการสอนโดยครูเป็นผู้สอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพรสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ปวีณา ชาลีเครือ. (2553). การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์บูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ. (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ปวีณนทร์ รังแก้ว. (2559). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช สำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พรยมล บัวศิริ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

พิมพ์ปัทม แก้วดี. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

แพรวา วิงส์. (2557). ทักษะพื้นฐานวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กปฐมวัยที่ได้รับการจัดประสบการณ์วิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ภาพ เลหาไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภรทพิพย์ สุภัทรชัยวงศ์. (2556). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภารดี ภัคดีโยธิน. (2560). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขในการเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เมธา โยธาฤทธิ. (2549). การพัฒนาชุดปฏิบัติการเรื่องระบบนิเวศป่าชายเลนสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ยศวดี จูฑิตวร. (2557). การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์เรื่องเทคนิคโครมาโทกราฟีและเทคนิคอ

- เล็กไทโรไฟริซิส เพื่อศึกษาประสิทธิผลการเรียนรู้สำหรับนิสิตปริญญาตรี. (ปริญญานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2553). *การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ = Measurement and achievement test construction* (พิมพ์ครั้งที่ 9.). กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราตรี นันทสุนทร. (2553). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* ([ฉบับปรับปรุง].): กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี.
- ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ละมัย โชคชัย. (2557). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วารีย์ บุญลือ. (2550). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการปลูกพืชแบบไฮโดรพอนิกส์ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- วิวัฒน์ ดวงภูมเมศ, ประสานพันธ์ สุริศักดิ์, และ แก้วอุไร วาริรัตน์. (2018). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อส่งเสริมความสามารถการสื่อสารวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal*.
- ศิริลักษณ์ วิทยา. (2555). *การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่องปฏิกิริยาเคมีและพลังงานทดแทนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สกล ชูขันธิน. (2553). *การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจนเพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนภัทรพิทยาคาร*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2560). *ค่าสถิติพื้นฐานผลการสอบ O-NET ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2557-2560*. สืบค้นจาก <https://www.niets.or.th/th/>
- สรศักดิ์ แพรดำ. (2544). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์: อุบลราชธานี : คณะครุศาสตร์*

สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2536). ข้อเสนอแนะ. *การวัดผลทางการศึกษา*, 14(42), 32-39.

สุรจิรา บุญเลิศ. (2556). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่อง สารละลายกรดและเบส*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อรทัย ศรีสมชัย. (2547). *การพัฒนาบทปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมศึกษาในโรงเรียน*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อัมพร กรุดวงษ์. (2548). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง "พลังงานความร้อน" สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารยา ควณิกุล. (2558). ผลการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อพัฒนามมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, 26(2), 42-55.

อุบล บุญชู. (2560). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

เอราวรรณ ศรีจักร. (2550). *การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัยโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบชุดแบบฝึกทักษะ*. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ฮามีดี๊ะ มุสอ. (2555). *การพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

A.G. Harrison, & D.F. Treagust. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22.

B. C. Buckley. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9).

- C.V.Schwarz, & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2).
- J.D. Gobert, & B.C. Buckley. (2000). Introduction to Model-Based Teaching and Learning in Science Education. *International Journal of Science Education*, 22(9).
- J.K. Gilbert. (2005). Visualization in Science Education. *Springer*.
- L.T. Louca, & Z.C. Zacharia. (2012). Modeling-based learning in science education: cognitive, metacognitive, social, material and epistemological contributions. *Educational Review*, 64.
- Orehowsky. (1999). The effect of laboratory-based instruction and assessment on student attitudes toward the laboratory experience and achievement in chemistry at the high school level. *International Journal of Arts & Science*, 8(2).
- Patrick A.O. (2010). Effects of field studies on Learning Outcome in Biology. *Journal of Human Ecology*, 31(3).
- Peter O.I, Abiodun A.P, & Jonathan O.O. (2010, March). Effect of Constructivism instructional approach on teaching practical skills to mechanical relate trade students in western Nigiria technical colleges. *International NGO Journal*, 5(3).
- R. Pualine, T. Deidre, & J.R. Raymond. (2005). Modeling Photosynthesis to Increase Conceptual Understanding. *Journal Biology Education*, 40(2).
- R.S. Justi, & J. K. Gilbert. (2002). Modeling, Teachers' Views on The Nature of Modeling, and Implications for the Education of Modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4).
- Scott Moor S., & Piergiovanni P. (2003). Experiments in the Classroom: Expample of Inductive learning with Classroom-Friendly Laboratory Kits. *American society for engineering education*, 110.





ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุศิษฐ์ ทองน้ำ
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. อาจารย์โอบาส สุธนวน
ภาควิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. อาจารย์เพ็ญจันทร์ นาคะรังสี
ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย กรุงเทพมหานคร
4. อาจารย์อัษฎายุทธ จินพล
ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร
5. อาจารย์ไพฑูรย์ ธีรภาพิช
ข้าราชการบำนาญ อดีตครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3) สอนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษา
ตอนปลาย โรงเรียนท่าเรือนิยานุกุล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. ตัวอย่างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์



ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้มีลักษณะเป็นแบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ เวลา 60 นาที
2. เขียน ชื่อ – นามสกุล ชั้น เลขที่ วิชาที่สอบ วันที่สอบ ด้วยปากกากลางในกระดาษคำตอบ
3. ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย **X** ลงในกระดาษคำตอบ
4. หากต้องการเปลี่ยนตัวเลือกใหม่ ต้องลบคำตอบเดิมให้สะอาดแล้วจึงเลือกตัวเลือกใหม่

ข้อที่	ข้อคำถาม	พฤติกรรม ด้านพุทธิ พิสัย
1.	จากรูป กำหนดให้ความต้านทาน $R_1 = 1$ โอห์ม, $R_2 = 2$ โอห์ม และ $R_3 = 3$ โอห์ม จงหาความต้านทานรวมของวงจร 1) 0.55 Ω 2) 1.00 Ω 3) 5.00 Ω 4) 6.00 Ω เฉลย ข้อ 4	นำไปใช้
2.	วัสดุสองชนิด คือ A และ B วัสดุ A มีความยาวมากกว่าวัสดุ B แต่วัสดุ B มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่าวัสดุ A ข้อใดกล่าวถูกต้อง 1) วัสดุ A มีความต้านทานมากกว่าวัสดุ B 2) วัสดุ B มีความต้านทานมากกว่าวัสดุ A 3) วัสดุ A และ B มีความต้านทานเท่ากัน 4) ไม่สามารถสรุปได้ เฉลย ข้อ 4	วิเคราะห์
3.	ในการต่อตัวต้านทาน 2 ตัว และต้องการให้ความต้านทานรวมมากกว่าความต้านทานของตัวต้านทานใดตัวหนึ่ง นักเรียนต้องต่อตัวต้านทานอย่างไร 1) ต่อแบบอนุกรม 2) ต่อแบบขนาน 3) ต่อแบบผสม 4) ต่อแบบวีท สโตน บริดจ์ เฉลย ข้อ 1	ประเมิน ค่า

ตัวอย่างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเบื้องต้น

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางนี้มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยเลือกตอบ จำนวน 20 ข้อ เวลา 60 นาที
2. เขียน ชื่อ – นามสกุล ชั้น เลขที่ วิชาที่สอบ วันที่สอบ ด้วยปากกาลงในกระดาษคำตอบ
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้ โดยคำตอบจะต้องสอดคล้องกับข้อคำถาม

ข้อ ที่	ข้อคำถาม	ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์
1.	ทดลองนำลวดตัวนำที่ทำด้วยโลหะชนิดเดียวกัน จำนวน 3 เส้น ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน แต่ความยาวต่างกันเป็น 1 เมตร, 2 เมตร และ 3 เมตร ตามลำดับ แล้วทดลองต่อเข้ากับแบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ แล้ววัดค่ากระแสไฟฟ้า กรณีละ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกัน กรณีดังกล่าวถ้านักเรียนเป็นผู้ทดลอง นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร	ทักษะการ ตั้งสมมติฐาน
2.	เงินเป็นตัวนำไฟฟ้า คำว่า “ตัวนำไฟฟ้า” ควรนิยามอย่างไร จึงจะสังเกตและวัดได้ตรงกัน	ทักษะการนิยาม เชิงปฏิบัติการ
3.	นักเรียนทำการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างลวดตัวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ โดยใช้ลวดตัวนำชนิดเดียวกัน พื้นที่หน้าตัดและความยาวเท่ากัน จำนวน 3 เส้น แต่ให้ความต่างศักย์ระหว่างปลายลวดตัวนำต่างกัน ทำการวัดการทดลองวัดกระแสไฟฟ้า 3 ครั้ง จากข้อความดังกล่าว จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม	ทักษะการ กำหนดและ ควบคุมตัวแปร
4.	นักวิทยาศาสตร์สังเกตว่า “ถ้าเพิ่มความต่างศักย์กับลวดตัวนำจะทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรเพิ่มขึ้น” 4.1 ถ้านักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์คนนั้น นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร 4.2 จะใช้วัสดุอุปกรณ์ประกอบการทดลองอะไรบ้าง 4.3 รายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการทดลองเป็นอย่างไร 4.4 การบันทึกผลการทดลองควรออกแบบอย่างไร	ทักษะการ ทดลอง

ข้อ ที่	ข้อคำถาม	ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์										
5.	จงศึกษาข้อมูลในตารางที่แสดงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดตัวนำ โดยใช้จำนวนถ่านไฟฉายที่ต่างกัน แล้วตอบคำถามในข้อ 5.1.1-5.1.2	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป										
<table><tr><th>จำนวนถ่านไฟฉาย(ก้อน)</th><th>กระแสไฟฟ้า(แอมแปร์)</th></tr><tr><td>1</td><td>0.120</td></tr><tr><td>2</td><td>0.240</td></tr><tr><td>3</td><td>0.330</td></tr><tr><td>4</td><td>0.440</td></tr></table>		จำนวนถ่านไฟฉาย(ก้อน)	กระแสไฟฟ้า(แอมแปร์)	1	0.120	2	0.240	3	0.330	4	0.440	
จำนวนถ่านไฟฉาย(ก้อน)	กระแสไฟฟ้า(แอมแปร์)											
1	0.120											
2	0.240											
3	0.330											
4	0.440											
5.1จำนวนถ่านไฟฉาย 2 ก้อน อ่านกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดตัวนำได้เท่าใด												
5.2 จากข้อมูลข้างต้นลงข้อสรุปได้อย่างไร												

ภาคผนวก ค

การตรวจคุณภาพของเครื่องมือ

1. ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายชื่อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. ตาราง 15 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน
3. ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ตาราง 17 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน
5. ตาราง 18 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. ตาราง 19 การวางแผนและออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
7. ตาราง 20 การวางแผนและออกข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การหาคุณภาพของเครื่องมือประเมินผล

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตาราง 14 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) รายข้อ
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	ผลการ ประเมิน	ค่าความ ยากง่าย (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)
	1	2	3	4	5					
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.45	0.45
2	1	1	1	1	1	4	1.00	สอดคล้อง	0.29	0.24
3	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.49	0.64
4	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.32	0.40
5	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.73	0.44
6	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.29	0.34
7	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.66	0.25
8	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.41	0.35
9	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.44	0.41
10	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง	0.66	0.25
11	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.34	0.26
12	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.68	0.42
13	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.63	0.50
14	1	1	1	1	0	4	0.80	สอดคล้อง	0.71	0.38
15	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.44	0.41
16	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.80	0.22
17	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.30
18	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.41	0.45
19	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.76	0.30
20	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.61	0.54

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 0.86

ตาราง 15 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน

คนที่	ก่อนเรียน (คะแนน)	หลังเรียน (คะแนน)
1	5	12
2	9	12
3	7	13
4	6	12
5	7	13
6	6	14
7	8	12
8	10	15
9	7	14
10	5	12
11	5	16
12	8	12
13	7	13
14	8	16
15	10	14
16	10	16
17	13	17
18	8	14
19	5	15
20	10	14

2. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	ผลการ ประเมิน	อำนาจ จำแนก (r)	ค่า ความยาก ง่าย(P)
	1	2	3	4	5					
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน										
1	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.40	0.80
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.40	0.60
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.80
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.75
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.40	0.20
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.75
3	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.60	0.60
4	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.60	0.60
3. ทักษะการนิยามเชิงปฏิบัติการ										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.80
2	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.30	0.75
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.30	0.45
4	0	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.40	0.70
4. ทักษะการทดลอง										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.70	0.35
2	0	0	1	1	1	3	0.60	สอดคล้อง	0.80	0.50
3	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.20	0.40
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.60	0.60

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อ ที่	ผลการประเมินของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	ผลการ ประเมิน	อำนาจ จำแนก (r)	ค่า ความยาก ง่าย(P)
	1	2	3	4	5					
5. ทักษะการตีความและสรุปผล										
1	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.30	0.75
2	1	1	0	1	0	3	0.60	สอดคล้อง	0.70	0.65
3	1	1	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง	0.60	0.80
4	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง	0.60	0.60

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 0.93



ตาราง 17 คะแนนทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียน ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้น
แบบจำลองเป็นฐาน

คนที่	ก่อนเรียน (คะแนน)	หลังเรียน (คะแนน)
1	0	10
2	3	12
3	4	13
4	4	10
5	3	15
6	4	14
7	5	14
8	6	19
9	2	11
10	6	16
11	4	16
12	1	10
13	5	13
14	5	16
15	4	19
16	4	16
17	3	18
18	10	18
19	0	10
20	4	18

ตาราง 18 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแบบจำลองเป็นฐานโดยผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1								
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนมีความสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
7. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์เนื้อหาสาระและระดับชั้นของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
13. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2								
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนมีความสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
7. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์เนื้อหาสาระและระดับชั้นของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
12. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
13. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3								
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนมีความสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	1	1	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	0	0	1	1	3	0.60	สอดคล้อง
7. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์เนื้อหาสาระและระดับชั้นของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
12. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
13. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
14. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง

ตาราง 18 (ต่อ)

ประเด็นการประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4								
1. หน่วยการเรียนรู้มีความสมบูรณ์ เหมาะสมและมีรายละเอียดที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
2. แผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องสัมพันธ์กับหน่วยการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
3. แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบสำคัญครบถ้วนมีความสัมพันธ์กัน	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
4. การเขียนสาระสำคัญในแผนถูกต้อง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
5. จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	1	0	1	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
6. จุดประสงค์การเรียนรู้พัฒนานักเรียนด้านความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	1	0	0	1	1	3	0.60	สอดคล้อง
7. กำหนดเนื้อหาสาระเหมาะสมกับคาบเวลา	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
8. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์เนื้อหาสาระและระดับชั้นของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
9. กิจกรรมการเรียนรู้มีความหลากหลายและสามารถปฏิบัติได้จริง	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
10. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมกระบวนการคิดของนักเรียน	1	1	1	1	1	5	1.00	สอดคล้อง
11. กิจกรรมเน้นให้นักเรียนเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง	1	1	0	1	1	4	0.80	สอดคล้อง
12. วัสดุอุปกรณ์ สื่อและแหล่งเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
13. นักเรียนได้ใช้สื่อและแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเอง	1	1	1	0	1	4	0.80	สอดคล้อง
14. มีการวัดและประเมินผลที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1	0	1	0	1	3	0.60	สอดคล้อง

ตาราง 19 การวางแผนและออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สาระที่	มาตรฐานที่	ตัวชี้วัด	เนื้อหา/สาระการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม(จำนวนข้อ)						ลักษณะข้อสอบ	
				1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	ปรนัย	อัตนัย
5	ว 5.1 เข้าใจ	- ทดลองและอธิบาย	- ความต่างศักย์	-	-	10	14	16	-	40	-
พลังงาน	ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการ	อธิบาย	กระแสไฟฟ้าและ								
	พลังงานกับการ	ความสัมพันธ์	ความต้านทานมี								
	ดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลง	ระหว่างความ	ความสัมพันธ์กัน								
	รูปพลังงาน	ต่างศักย์	ตามกฎของโอห์ม								
	ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง	กระแสไฟฟ้า	- การนำกฎของ								
	สารและพลังงาน ผล	ความต้านทาน	โอห์มไปใช้								
	ของการใช้พลังงานต่อ	และนำความรู้ไป	วิเคราะห์								
	สิ่งมีชีวิตและ	ใช้ประโยชน์	วงจรไฟฟ้าอย่าง								
	สิ่งแวดล้อม มี		ง่าย								
	กระบวนการสืบ										
	เสาะหาความรู้										
	สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้										
	และนำความรู้ไปใช้										
	ประโยชน์										

ตาราง 20 การวางแผนและออกข้อสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ที่	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	ลักษณะข้อสอบ	
		ปรนัย	อัตนัย
1	ทักษะการตั้งสมมติฐาน	-	6
2	ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	-	6
3	ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร	-	6
4	ทักษะการทดลอง	-	6
5	ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	-	6



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. ตัวอย่างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น
2. ตัวอย่างแบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น
 2. คู่มือครู ประกอบด้วย
 - 2.1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น
 - 2.2 แนวทางการตอบคำถามในบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

ตัวอย่างบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น



บทปฏิบัติการที่ 1
ความสัมพันธ์ระหว่าง V I R

ข้อเสนอแนะสำหรับนักเรียน

นักเรียนร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า แล้วนำข้อมูลที่ได้นำวิเคราะห์ อภิปรายและร่วมกันสร้าง model โดยมีแนวทางในการปฏิบัติดังนี้

1. ศึกษาความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้า เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ จากใบความรู้ที่ 1
2. แบ่งกลุ่มเพื่อทำการทดลองกลุ่มละ 3-4 คน แบ่งหน้าที่และกำหนดบทบาทของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม
3. ก่อนทำการทดลองนักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองพื้นฐาน เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ไฟฟ้า(V) กระแสไฟฟ้า(I) และความต้านทานไฟฟ้า(R)
4. ออกแบบการทดลอง วางแผนการทดลอง และลงมือทำการทดลองตามที่วางแผนไว้
5. บันทึกผลการทดลองและสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้า(V) กระแสไฟฟ้า(I) และความต้านทานไฟฟ้า(R)
6. นำเสนอผลการทดลองและแบบจำลองหน้าชั้นเรียน



ใบความรู้ที่ 1

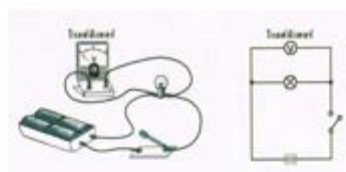
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณต่างๆ ทางไฟฟ้า

1. โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)

โวลต์มิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า วิธีการใช้งานสามารถทำได้โดยการนำโวลต์มิเตอร์ต่อขนานกับวงจรที่ต้องการวัด



รูปตัวอย่างของโวลต์มิเตอร์



ภาพแสดงลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจร

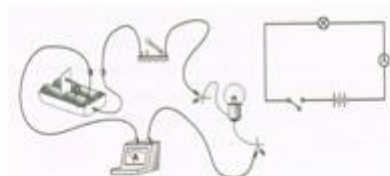
โวลต์มิเตอร์ที่ดีต้องมีความต้านทานมากๆ โดยสัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์คือ V

2. แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)

แอมมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า โดยการต่ออนุกรมกับวงจรที่ต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งแอมมิเตอร์ที่ดีต้องมีความต้านทานภายในน้อยๆ โดยสัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์ คือ A



รูปตัวอย่างของแอมมิเตอร์



ภาพแสดงลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจร

3. โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)



โอห์มมิเตอร์เป็นเครื่องวัดความต้านทาน ส่วนประกอบที่สำคัญคือ แกลแวนอมิเตอร์ต่ออยู่กับตัวต้านทานปรับค่าได้ และเซลล์ไฟฟ้า

รูปตัวอย่างของโอห์มมิเตอร์

4. มัลติมิเตอร์ (Multimeter)

มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องวัดที่ดัดแปลงมาจากแกลแวนอมิเตอร์ให้เป็น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ หรือ โอห์มมิเตอร์ในเครื่องเดียวกัน



รูปตัวอย่างของมัลติมิเตอร์
แบบ Analog



รูปตัวอย่างของมัลติมิเตอร์แบบ Digital

ใบความรู้ที่ 2

ความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน

1. ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)

ความต่างศักย์ไฟฟ้า คือ ความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าของจุดสองจุด การหาความต่างศักย์ไฟฟ้า สามารถหาได้จากการใช้โวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรดังรูป



2. แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ในครั้งต่อไป แบตเตอรี่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้

ตัวเลขที่แสดงบนแบตเตอรี่ แสดงถึงความต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ จากรูปจะเห็นว่า แบตเตอรี่มีความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบเป็น 9 โวลต์ หรือขั้วบวกมีความต่างศักย์มากกว่าขั้วลบ 9 โวลต์



ความต่างศักย์ของแบตเตอรี่เป็น 9 โวลต์



3. กระแสไฟฟ้า เกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่หรือถ่ายโอนในตัวนำ นั่นคือ ประจุไฟฟ้าบวกจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ ประจุไฟฟ้าลบจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง

ทิศของกระแสไฟฟ้าจะมีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวก นั่นคือ กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ



ในแบตเตอรี่ขั้วบวกจะมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าขั้วลบ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ เมื่อศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบเท่ากัน กระแสไฟฟ้าจะหยุดเคลื่อนที่

4. ความต้านทาน เป็นปริมาณอย่างหนึ่งที่ต้านการเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ เช่น การไหลของน้ำผ่านท่อที่มีขนาดต่างกัน จะพบว่า ท่อเล็กมีความต้านทานมาก น้ำจึงไหลผ่านได้น้อยกว่าท่อใหญ่ในช่วงเวลาเท่ากัน จึงกล่าวได้ว่า ท่อเล็กมีความต้านทานมาก น้ำจึงไหลผ่านได้น้อย ส่วนท่อใหญ่มีความต้านทานน้อยน้ำจึงไหลผ่านได้มาก



ตัวอย่างตัวต้านทาน



ตัวอย่างตัวต้านทานปรับค่าได้

บทปฏิบัติการที่ 1

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง V I R

แนวคิด กฎของโอห์ม(Ohm's law) ถ้าอุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้า(I)ที่ไหลผ่านตัวนำจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์(V)ระหว่างปลายของตัวนำนั้น

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า(I)ที่ไหลผ่านลวดตัวนำ และความต่างศักย์(V)ระหว่างปลายของตัวนำนั้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องใช้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
3. ทักษะการทดลอง
4. ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป



อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. โวลต์มิเตอร์
2. แอมมิเตอร์
3. หม้อแปลงไฟฟ้าโวลต์ต่ำ
4. ลวดตัวนำ

ปัญหาการทดลอง

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต้านทานเป็นอย่างไร

แบบจำลองเบื้องต้น

1. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1.1 ตัวแปรต้น

1.2 ตัวแปรตาม

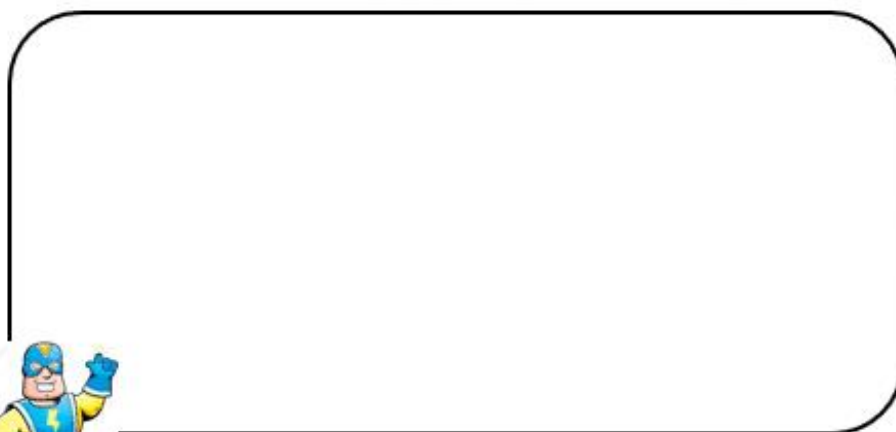
1.3 ตัวแปรควบคุม

2. สมมติฐานการทดลอง

3. ขั้นตอนการทดลอง

4. ผลการทดลอง

แบบจำลองหลังจากการทดลอง




5. อภิปรายผลการทดลอง

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

1. เมื่อนักเรียนเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างปลายเส้นลวดขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างเส้นลวดและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นอย่างไร

4. ความชันของกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นเท่าใด และหมายถึงปริมาณใด

แบบฝึกหัดท้ายบทปฏิบัติการที่ 1

ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR



1

พิจารณาข้อความที่กำหนดให้ ทำเครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ถูกต้อง และทำเครื่องหมาย ✗ หน้าข้อความที่ผิด พร้อมทั้งแก้ไขข้อความให้ถูกต้อง

..... 1. การต่อแอมมิเตอร์เข้ากับวงจร ต้องต่อแบบขนานกับวงจร



..... 2. การต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจร ต้องต่อแบบอนุกรมกับวงจร



..... 3. เมื่อเพิ่มจำนวนถ่านไฟฉายมากขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรจะน้อยลง



..... 4. ความต่างศักย์ไฟฟ้าแปรผกผันกับ กระแสไฟฟ้า



..... 5. ถ่านไฟฉายก้อนหนึ่ง ช่างถ่านเขียนกำกับไว้ว่า 3 V นั้นหมายความว่า ความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบต่างกัน 3 โวลต์



2

ให้นักเรียนเลือกข้อความด้านฝั่งขวา แล้วนำตัวอักษรมาเติมลงในช่องว่างทางฝั่งซ้ายให้สอดคล้องกัน

ฝั่งซ้าย

- 1. อุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจร
- 2. อุปกรณ์ที่ใช้วัดความต่างศักย์ในวงจร
- 3. หน่วยของกระแสไฟฟ้า
- 4. หน่วยของความต่างศักย์ไฟฟ้า
- 5. กระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้า
- 6. แหล่งพลังงานไฟฟ้าของวงจร
- 7. แอมมิเตอร์
- 8. โวลต์มิเตอร์
- 9. (A)
- 10. (V)

ฝั่งขวา

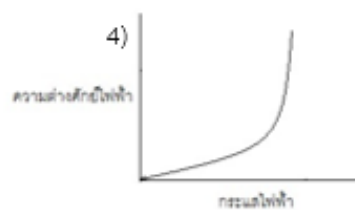
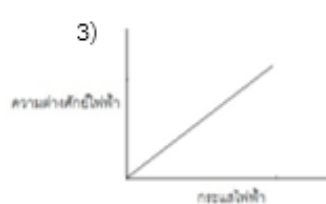
- A. โอห์ม
- B. โวลต์มิเตอร์
- C. โอห์มมิเตอร์
- D. สัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์
- E. แอมมิเตอร์
- F. กฎของโอห์ม
- G. สัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์
- H. แอมแปร์
- I. โวลต์
- J. ต่ออนุกรมกับวงจร
- K. ต่อขนานกับวงจร
- L. ถ่านไฟฉาย



3

ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง

1. กราฟในข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างตัวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ โดยที่อุณหภูมิคงที่



2. ในวงจรอย่างง่าย เครื่องทำน้ำอุ่นใช้ความต่างศักย์ 110 โวลต์ และมีกระแสไหลในวงจร 2 แอมแปร์ ความต้านทานของเครื่องทำน้ำอุ่นนี้เป็นเท่าใด

3. อุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นหนึ่งมีความต้านทาน 40 โอห์ม และมีความต่างศักย์ที่ตกคร่อมอุปกรณ์ตัวนี้ 10 โวลต์
อยากทราบว่ามีการستهไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์นี้กี่แอมแปร์

4. หลอดไฟมีความต้านทาน 2 โอห์ม ต่ออยู่กับแบตเตอรี่ที่มีความต่างศักย์ 12 โวลต์ อยากทราบว่าจะมี
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟกี่แอมแปร์ ถ้านำหลอดที่มีความต้านทาน 6 โอห์มเข้าไปแทนที่ อยากทราบว่า
จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟดวงที่สองกี่แอมแปร์

5. หลอดไฟดวงหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ ถ้าหลอดไฟดวงนี้ยอมให้
กระแสไฟฟ้าผ่านได้ 0.25 แอมแปร์อยากทราบว่าหลอดไฟนี้มีความต้านทานกี่โอห์ม และถ้าต่อหลอดไฟดวง
นี้เข้ากับแหล่งกำเนิดที่มีความต่างศักย์ 200 โวลต์ อยากทราบว่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟที่
แอมแปร์

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการใช้บทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน เรื่องไฟฟ้าเบื้องต้น

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา วิทยาศาสตร์

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ภาคเรียนที่ 2

ปีการศึกษา 2560

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า

จำนวน 3 คาบ

และความต้านทานไฟฟ้า

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

ว 5.1 ม.3/2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้(K)

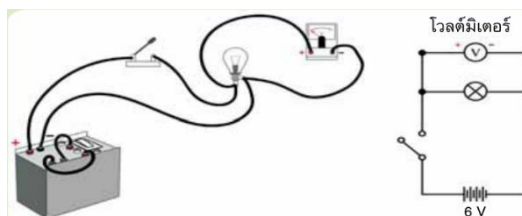
- 1) อธิบายความหมายของความต่างศักย์ไฟฟ้า
- 2) อธิบายความหมายของกระแสไฟฟ้า
- 3) อธิบายความหมายของความต้านทาน
- 4) ทดลองและอธิบายวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

- 1) ทักษะการคิด
- 2) ทักษะการสร้างแบบจำลอง

3. สารการเรียนรู้

ความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential Difference) คือ ความแตกต่างระหว่างพลังงานไฟฟ้าของจุดสองจุด การหาความต่างศักย์ไฟฟ้า สามารถหาได้จากการใช้โวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับวงจรดังรูป



ภาพการต่อโวลต์มิเตอร์เข้ากับวงจรอย่างง่ายเพื่อวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างสองจุด

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ใช้ในครั้งต่อไป แบตเตอรี่มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้

ตัวเลขที่แสดงบนแบตเตอรี่ แสดงถึงความต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ จากรูปจะเห็นได้ว่า แบตเตอรี่มีความต่างศักย์ระหว่างขั้วบวกและขั้วลบเป็น 1.5 โวลต์ หรือขั้วบวกมีความต่างศักย์มากกว่าขั้วลบ 1.5 โวลต์



ภาพแสดงขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่

กระแสไฟฟ้า เกิดขึ้นเมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่หรือถ่ายโอนในตัวนำ นั่นคือ ประจุไฟฟ้าบวกจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปสู่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ ประจุไฟฟ้าลบจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง

ทิศของกระแสไฟฟ้าจะมีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวก นั่นคือ กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ

ทิศของกระแสไฟฟ้าจะมีทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวก นั่นคือ กระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำ

ในแบตเตอรี่ขั้วบวกจะมีศักย์ไฟฟ้ามากกว่าขั้วลบ ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบ เมื่อศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วบวกและขั้วลบเท่ากัน กระแสไฟฟ้าจะหยุดเคลื่อนที่



ภาพแสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

ความต้านทาน เป็นปริมาณอย่างหนึ่งที่ต้านการเคลื่อนที่ของสิ่งต่างๆ เช่น การไหลของน้ำผ่านท่อที่มีขนาดต่างกัน จะพบว่า ท่อเล็กมีความต้านทานมาก น้ำจึงไหลผ่านได้น้อยกว่าท่อใหญ่ในช่วงเวลาเท่ากัน จึงกล่าวได้ว่า ท่อเล็กมีความต้านทานมาก น้ำจึงไหลผ่านได้น้อย ส่วนท่อใหญ่มีความต้านทานน้อย น้ำจึงไหลผ่านได้มาก

ในทางไฟฟ้า วัสดุชนิดใดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้น้อย จะมีความต้านทานมาก และวัสดุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากจะมีความต้านทานน้อย

4. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

1) ขั้นมุ่งปรากฏการณ์และคำถาม (Phenomenon and Question)

1.1 ครูนำหลอดไฟ สายไฟ และถ่านไฟฉาย มาแสดงให้นักเรียนดูและถามนักเรียนว่าสิ่งเหล่านี้ทำหน้าที่อะไร

1.2 ครูอธิบายความหมายของความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน พร้อมทั้งนำเสนอแบบจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจร

1.3 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ (หลอดไฟ สายไฟ และถ่านไฟฉาย) ให้นักเรียนออกแบบแบบจำลองวงจรไฟฟ้าเบื้องต้นเพื่อให้หลอดไฟสว่าง วาดแบบจำลองลงในกระดาษที่เตรียมไว้ให้พร้อมทั้งให้นักเรียนเขียนทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า

1.4 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า จะเกิดอะไรขึ้นถ้านักเรียนเพิ่มถ่านไฟฉายในวงจรให้เพิ่มขึ้น

2) ขั้นสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (Produce basic model)

นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน วาดแบบจำลองวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายลงในกระดาษที่กำหนดให้ พร้อมทั้งเขียนทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า

3) ขั้นนำแบบจำลองไปใช้ (Test model)

นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมมือกันต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายตามรูปแบบของแบบจำลองที่ได้วาดเอาไว้แล้ว สังเกตการกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร

4) ขั้นปรับปรุงแบบจำลอง (Develop model)

4.1) หากผลการทดลองของนักเรียน สอดคล้องกับแบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียนให้นักเรียนนำเสนอและขยายแบบจำลอง

4.2) หากผลการทดลองของนักเรียน ไม่สอดคล้องกับแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนปรับปรุงแบบทดลองนั้นให้ถูกต้อง และนำเสนอพร้อมทั้งขยายแบบจำลองต่อไป

5) ขั้นนำเสนอและขยายแบบจำลอง (Elaborate model)

5.1 นักเรียนนำแบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุงแล้วมานำเสนอหน้าชั้นเรียน นักเรียนแต่ละคนช่วยกันอภิปรายและสรุปเป็นแบบจำลองที่ถูกต้องร่วมกัน

5.2 นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

5. สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1) ชุดอุปกรณ์วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ได้แก่ ถ่านไฟฉาย สายไฟ และหลอดไฟ

2) ใบความรู้เรื่องที่ 1 ความต่างศักย์ไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า

6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	หลักฐาน	วิธีการ	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) - อธิบายความหมายของ ความต่างศักย์ - อธิบายความหมายของ ความต้านทานไฟฟ้า - อธิบายความหมายของ กระแสไฟฟ้า - อธิบายความสัมพันธ์ ระหว่าง V I และ R	คำถามท้าย กิจกรรมการ เรียนการสอน	ตรวจ คำถามท้าย กิจกรรม การเรียน การสอน	คำถามท้าย กิจกรรม เรียนการสอน	นักเรียนผ่านการ ประเมินตั้งแต่ ระดับดีขึ้น
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) - ทักษะการคิด - ทักษะการสร้าง แบบจำลอง	คำถามท้าย กิจกรรมการ เรียนการสอน	ตรวจ คำถามท้าย กิจกรรม การเรียน การสอน	คำถามท้าย กิจกรรมการ เรียนการสอน	นักเรียนผ่านการ ประเมินตั้งแต่ ระดับดีขึ้น

แบบประเมินใบงาน/แบบฝึกหัด

รายการ ประเมิน	ดีมาก(4)	ดี(3)	พอใช้(2)	ปรับปรุง(1)
1. ความถูกต้อง ของเนื้อหา	ถูกต้องตามหลัก วิชาตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป	ถูกต้องตามหลัก วิชาตั้งแต่ร้อยละ 60-79	ถูกต้องตามหลัก วิชาตั้งแต่ร้อยละ 50-59	ถูกต้องตามหลัก วิชาต่ำกว่าร้อยละ 50
2. ความสะอาด เรียบร้อย	ทำงานสะอาด เรียบร้อยเป็น ระเบียบดีมาก	ทำงานค่อนข้าง สะอาดเรียบร้อย	ทำงานไม่ค่อย สะอาดและไม่ ค่อยเป็นระเบียบ เรียบร้อย	ทำงานสกปรกไม่ เรียบร้อย
3. เวลา	ส่งงานภายใน เวลาที่กำหนด	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 1 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนด 2 วัน	ส่งงานช้ากว่า กำหนดเกิน 3 วันขึ้นไป

เกณฑ์การให้คะแนน

ช่วงคะแนน

11-12

8-10

5-7

3-4

ระดับคุณภาพ

ดีมาก

ดี

พอใช้

ปรับปรุง

7.บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(ครูธนวัฒน์ สิงห์ปลอด)

ครูผู้สอน

ตัวอย่างแนวทางการตอบในบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR

แนวคิด กฎของโอห์ม(Ohm's law) ถ้าอุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้า(I)ที่ไหลผ่านตัวนำจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์(V)ระหว่างปลายของตัวนำนั้น

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า(I)ที่ไหลผ่านลวดตัวนำและความต่างศักย์(V)ระหว่างปลายของตัวนำนั้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนต้องใช้

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
2. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
3. ทักษะการทดลอง
4. ทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป



อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

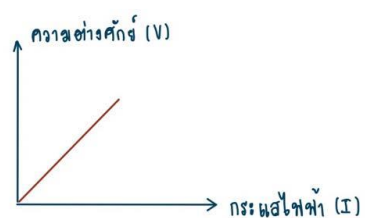
1. โวลต์มิเตอร์ 2. แอมมิเตอร์ 3. ถ่านไฟฉายขนาด 1.5 โวลต์ จำนวน 4 ก้อน
4. ลวดตัวนำ

ปัญหาการทดลอง

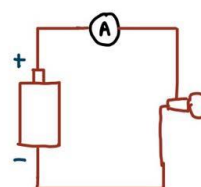
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์เป็นอย่างไร

แบบจำลองเบื้องต้น

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์



แบบจำลองเชิงรูปภาพ



1. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

1.1 ตัวแปรต้น ความต่างศักย์ไฟฟ้า

1.2 ตัวแปรตาม กระแสไฟฟ้า

1.3 ตัวแปรควบคุม ลวดตัวนำ, หลอมมิเตอร์, โวลต์มิเตอร์

2. สมมติฐานการทดลอง

เมื่อความต่างศักย์เพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นด้วย

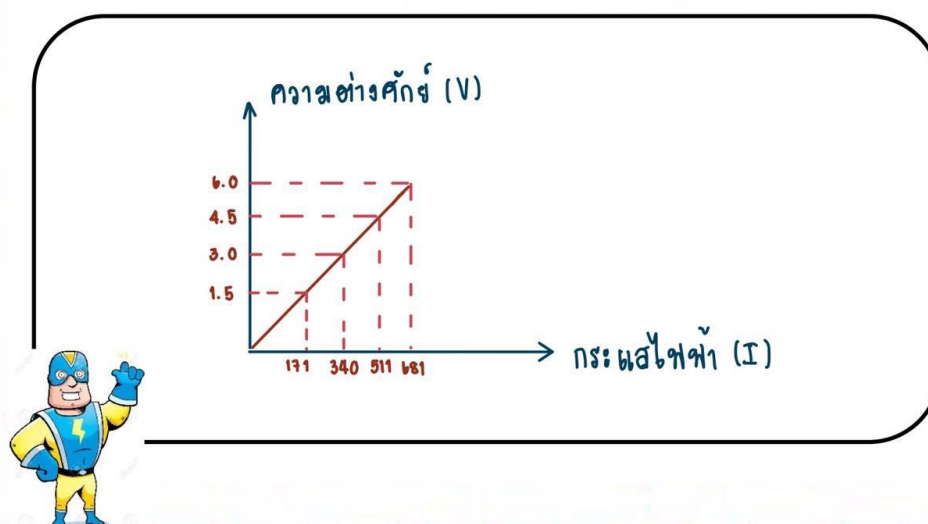
3. ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้โวลต์มิเตอร์ วัดความต่างศักย์ ของถ่าน 1.5 โวลต์ ต่ออนุกรมกัน 1, 2, 3, และ 4 ถ่าน แล้วบันทึกค่าความต่างศักย์ในตาราง
2. ต่อหลอดตัวนำกับวงจร ดังภาพที่ 1 เพื่ออ่านค่ากระแสไฟฟ้า แล้วบันทึกผลตาราง
3. เปลี่ยนค่าความต่างศักย์ โดยเพิ่มจำนวนถ่านไปสาย จากข้อ 1. บันทึกค่ากระแสที่อ่านได้
4. นำความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าที่วัดได้ มาหาความสัมพันธ์รวมของวงจร

4. ผลการทดลอง

จำนวนถ่าน(ก้อน)	ความต่างศักย์ (V)	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (mA)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
1	1.5	131	130	132	131
2	3.0	340	341	339	340
3	4.5	510	511	512	511
4	6.0	681	680	682	681

แบบจำลองหลังจากการทดลอง



5. อภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างลวดตัวนำ พบว่าเมื่อความต่างศักย์เพิ่มขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นด้วย

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

1. เมื่อนักเรียนเพิ่มความต่างศักย์ระหว่างปลายลวดขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดเปลี่ยนแปลงอย่างไร

- กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

2. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างลวดและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

- มีความสัมพันธ์แบบตรงกัน (แปรผันตรง)

3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นอย่างไร

- กราฟเส้นตรง สอดคล้องกับกฎที่ 0

4. ความชันของกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นเท่าใด และหมายถึงปริมาณใด

- ความชันของกราฟ คือ ค่าความต้านทาน

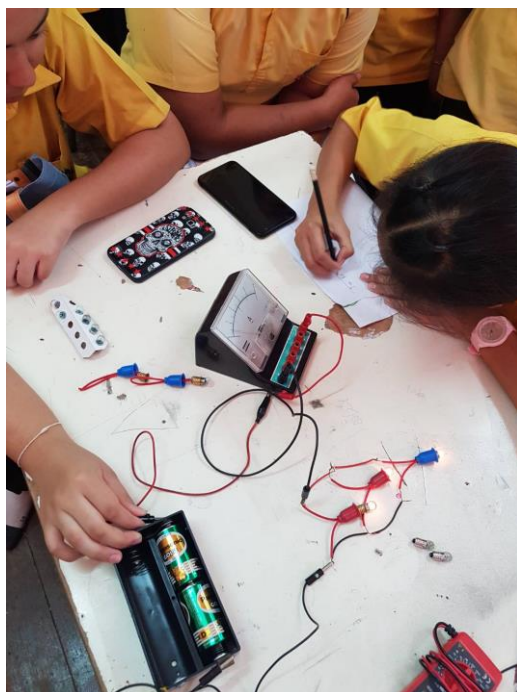


ภาคผนวก จ

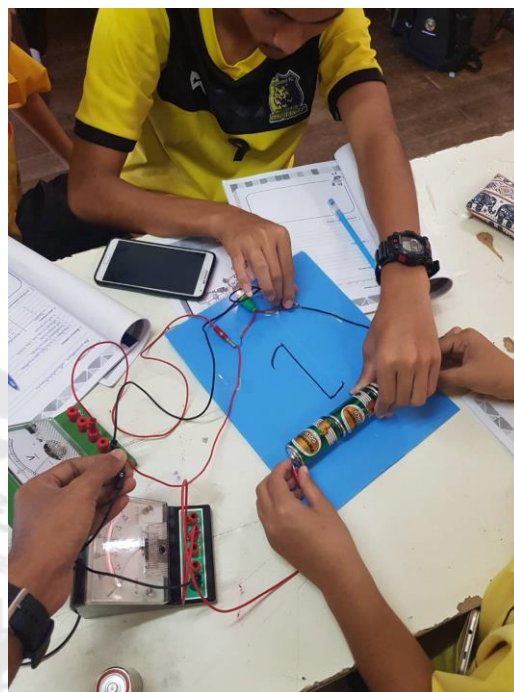
ภาพกิจกรรมขณะจัดการเรียนรู้และผลงานนักเรียน

1. ภาพกิจกรรมขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน
2. ภาพตัวอย่างผลงานนักเรียน

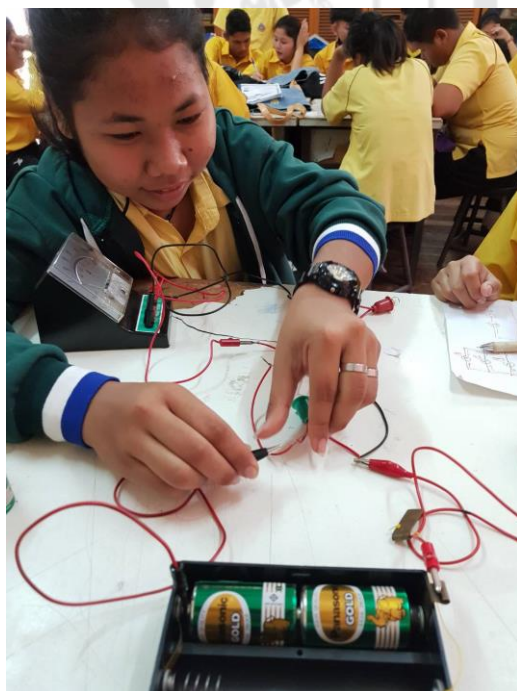
ภาพกิจกรรมขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่เน้นแบบจำลองเป็นฐาน



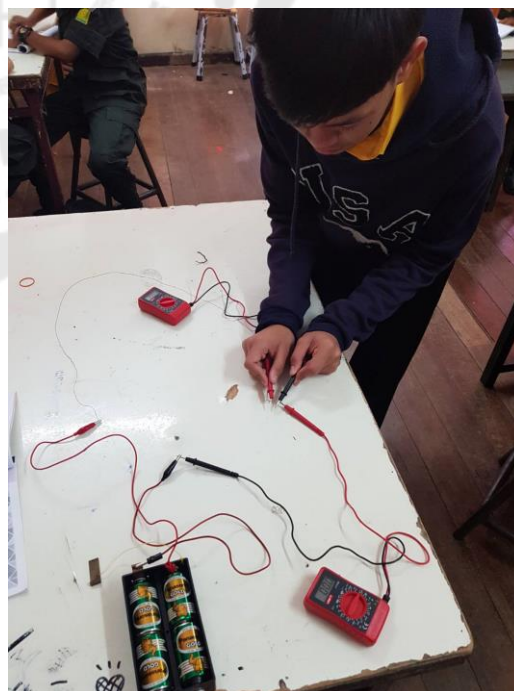
ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง วงจรขนานพื้นฐาน



ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR



ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง วงจรขนานพื้นฐาน



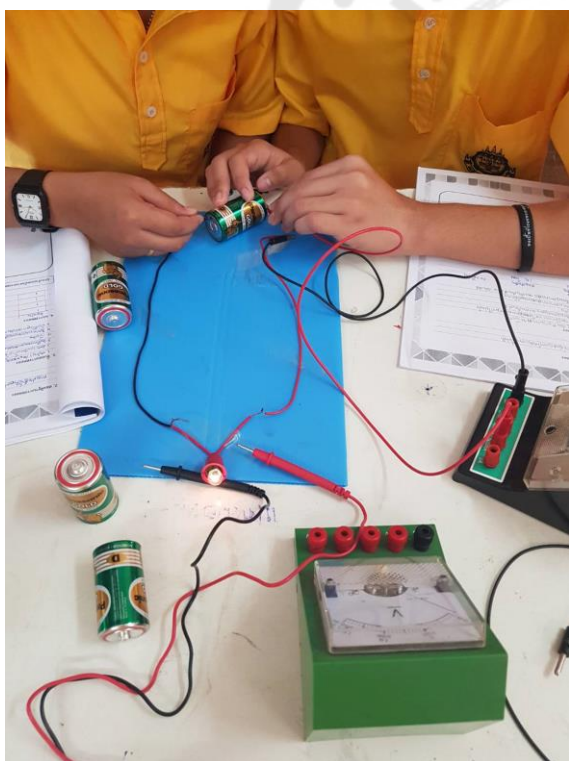
ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง ความต้านทาน



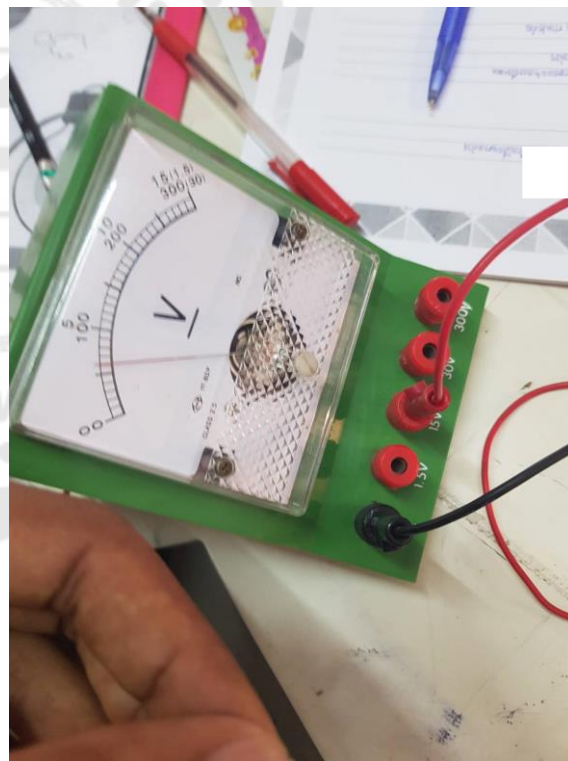
ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง วงจรอนุกรมพื้นฐาน



ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการ
เรื่อง ความต้านทาน



ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการเรื่อง
ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR



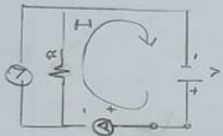
ตัวอย่างภาพขณะทำกิจกรรมในบทปฏิบัติการเรื่อง
ความสัมพันธ์ระหว่าง VIR

ตัวอย่างผลงานนักเรียน

ปัญหาการทดลอง

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไส้และความต่างศักย์ระหว่างสายลวดตัวนี้เป็นอย่างไร

แบบจำลองเบื้องต้น



1. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา !

1.1 ตัวแปรต้น ... ความต่างศักย์ ✓

1.2 ตัวแปรตาม ... กระแสไฟฟ้า ✓

1.3 ตัวแปรควบคุม ... ชนิดหลอด ✓ ชนิดแบตเตอรี่ ✓

2. สมมติฐานการทดลอง

ความต่างศักย์เป็นเชิงเส้น ✓ กระแสไฟฟ้าเป็นเชิงเส้น ✓

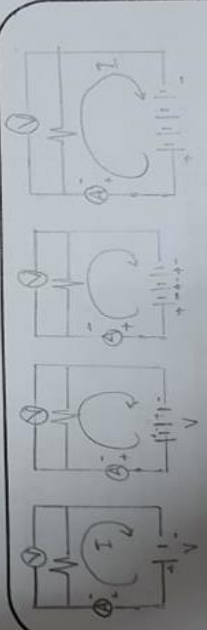
3. ขั้นตอนการทดลอง

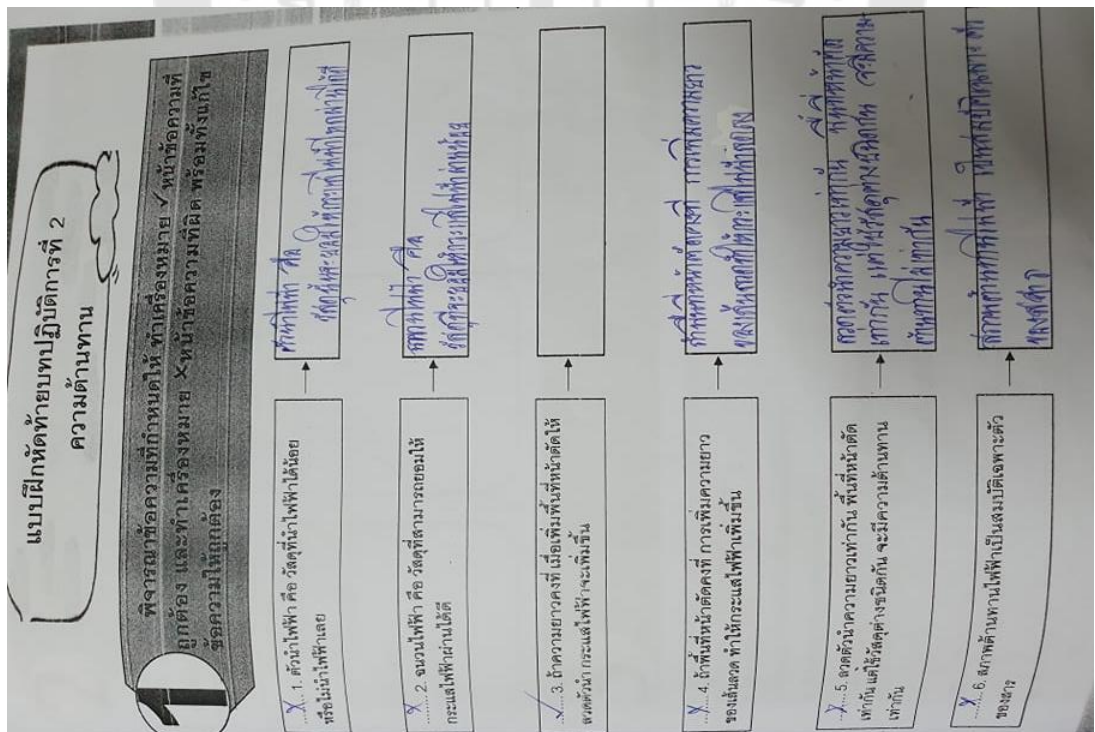
1. ประกอบสายลวด 1 ก้อน เชื่อมกับชุดไฟฟ้าตามแบบจำลองที่เขียนไว้
2. วัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า จากหลอดไส้หลอด
3. บันทึกผลจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าลงในตาราง
4. หาค่าความสัมพันธ์
5. เปรียบเทียบค่า

4. ผลการทดลอง

จำนวนหลอด	ความต่างศักย์	กระแสไฟฟ้า
1 หลอด	1.40 V	200 mA
2 หลอด	2.40 V	310 mA
3 หลอด	4.10 V	560 mA
4 หลอด	5.44 V	450 mA

แบบจำลองหลังจากการทดลอง





5. อภิปรายผลการทดลอง

สาเหตุการทดลองไม่เกิด คือ ความต้านทานของลวดที่ต่างกัน

คำถามท้ายบทปฏิบัติการ

1. เมื่อมีการเรียนเห็นความต่างศักย์ระหว่างปลายเส้นลวดขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวด เปลี่ยนแปลงอย่างไร

คำตอบคือ: เพิ่มขึ้น

2. ศักย์ไฟฟ้าระหว่างเส้นลวดและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

คำตอบคือ: สัมพันธ์กัน

3. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นอย่างไร

คำตอบคือ: เป็นเส้นตรง

4. ความชันของกราฟความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าเป็นเท่าใด และหมายถึงปริมาณใด

คำตอบคือ: ความต้านทานของลวด

2

ให้นักเรียนเลือกวัสดุจากวัสดุที่กั้นมาให้ แล้วนำวัสดุมาจัดกลุ่มว่า วัสดุใดเป็น ตัวนำไฟฟ้า จนวนไฟฟ้า และสารกึ่งตัวนำไฟฟ้า

ทองแดง	ยางแข็ง	ทองแดง	เงิน	เหล็ก
ทองแดง	ยางแข็ง	ทองแดง	เงิน	เหล็ก
ตัวนำไฟฟ้า	ฉนวนไฟฟ้า	ตัวนำไฟฟ้า	ตัวนำไฟฟ้า	ตัวนำไฟฟ้า

3

ให้นักเรียนแสดงวิธีการอย่างละเอียด พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง

1. การกระทำให้อิเล็กตรอนเพิ่มกระแสน้ำในเส้นลวดตัวนำ ก. ใช้หลอดตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อย ข. ใช้ลวดตัวนำที่ยาว	2. หวดเส้นที่มีพื้นที่ 0.2 มิลลิเมตร มีสภาพความต้านทาน 4.84×10^{-8} โห์มต่อเมตร ถ้าลวดเส้นนี้มี ความต้านทาน 10 โห์ม จะยาวเท่าใด ก. 2.5×10^{-5} m ข. 2.5×10^{-4} m ค. 2.5×10^{-3} m ง. 2.5×10^{-2} m
--	--

2

ให้นักเรียนเลือกข้อความด้านฝั่งขวา แล้วนำตัวอักษรมาเติมลงใน
ช่องว่างทางฝั่งซ้ายให้สอดคล้องกัน

ฝั่งซ้าย

E 1. อุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจร
 B 2. อุปกรณ์ที่ใช้วัดความต่างศักย์ในวงจร
 H 3. หน่วยของกระแสไฟฟ้า
 I 4. หน่วยของความต่างศักย์ไฟฟ้า
 F 5. กระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับความเร็ว
 ต่างศักย์ไฟฟ้า
 L 6. แหล่งพลังงานไฟฟ้าของวงจร
 J 7. แอมมิเตอร์
 K 8. โวลต์มิเตอร์
 G 9. ☒ A ☒ V
 D 10.

ฝั่งขวา

A. โอห์ม
 B. โวลต์มิเตอร์
 C. โอห์มมิเตอร์
 D. สัญลักษณ์ของโวลต์มิเตอร์
 E. แอมมิเตอร์
 F. กฎของโอห์ม
 G. สัญลักษณ์ของแอมมิเตอร์
 H. แอมแปร์
 I. โวลต์
 J. ต่ออนุกรมกับวงจร
 K. ต่อขนานกับวงจร
 L. ถ่านไฟฉาย

Freez Paper

3. อุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นหนึ่งมีความต้านทาน 40 โอห์ม และมีความต่างศักย์ที่ตกคร่อมอุปกรณ์ตัวนี้ 10 โวลต์
 อากทราบว่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้มีแอมป์ไร

$$V = IR$$

$$10 = I(40)$$

$$\frac{10}{40} = I$$

$$I = 0.25 \text{ A}$$

4. หลอดไฟมีความต้านทาน 2 โอห์ม ต่ออยู่กับแบตเตอรี่ที่มีความต่างศักย์ 12 โวลต์ อากทราบว่าจะมี
 กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟกี่แอมป์ไร ถ้านำหลอดที่มีความต้านทาน 6 โอห์มมาต่อเข้าแทนที่ อากทราบว่า
 จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟดวงที่สองกี่แอมป์ไร

$$V = IR_1$$

$$12 = I_1(2)$$

$$\frac{12}{2} = I_1$$

$$I_1 = 6 \text{ A}$$

$$V = IR_2$$

$$12 = I_2(6)$$

$$\frac{12}{6} = I_2$$

$$I_2 = 2 \text{ A}$$

5. หลอดไฟดวงหนึ่งต่อกับแหล่งกำเนิดที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ ถ้าหลอดไฟดวงนี้ยอมให้
 กระแสไฟฟ้าผ่านได้ 0.25 แอมป์ไรอากทราบว่าหลอดไฟที่มีความต้านทานกี่โอห์ม และถ้าต่อหลอดไฟดวง
 นี้เข้ากับแหล่งกำเนิดที่มีความต่างศักย์ 200 โวลต์ อากทราบว่าจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดไฟที่
 แอมป์ไร

$$V = IR$$

$$220 = (0.25) R$$

$$\frac{220}{0.25} = R$$

$$880 = R$$

$$V = IR$$

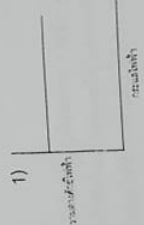
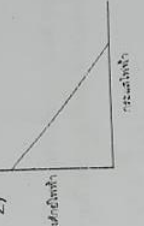
$$200 = I(880)$$

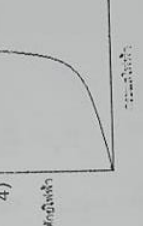
$$\frac{200}{880} = I$$

$$I = 0.23 \text{ A}$$

3. ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียด พร้อมระบุหน่วยให้ถูกต้อง

1. กราฟในข้อใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างตัวนำและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน
 ตัวนำ โดยที่อุณหภูมิคงที่

1)  2) 

3)  4) 

2. ในวงจรอย่างง่าย เครื่องทำน้ำอุ่นใช้ความต่างศักย์ 110 โวลต์ และมีกระแสไหลในวงจร 2 แอมป์ไร
 ความต้านทานของเครื่องทำน้ำอุ่นนี้เป็นเท่าใด

$$V = IR$$

$$110 = 2R$$

$$\frac{110}{2} = R$$

$$55 \Omega = R$$

$$V = IR$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$R = ? \Omega$$

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายธนวัฒน์ สิงห์ปลอด
วัน เดือน ปี เกิด	22 เมษายน 2534
สถานที่เกิด	พัทลุง
วุฒิการศึกษา	การศึกษาระดับบัณฑิต (วิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	25 หมู่ 6 ตำบลโคกสั๊ก อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง

