



การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5

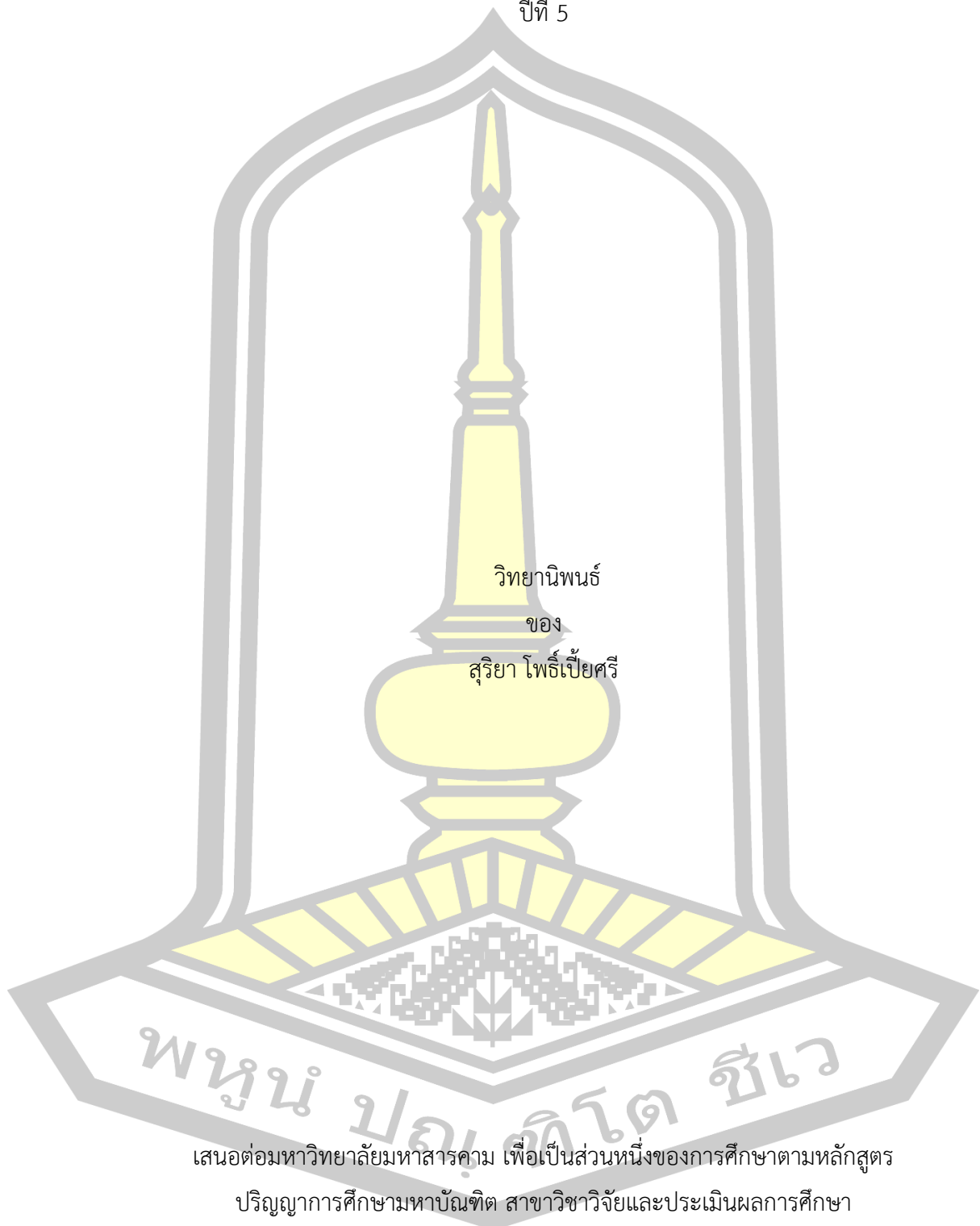
วิทยานิพนธ์
ของ
สุรียา โพธิ์เปี้ยศรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา
สิงหาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 5



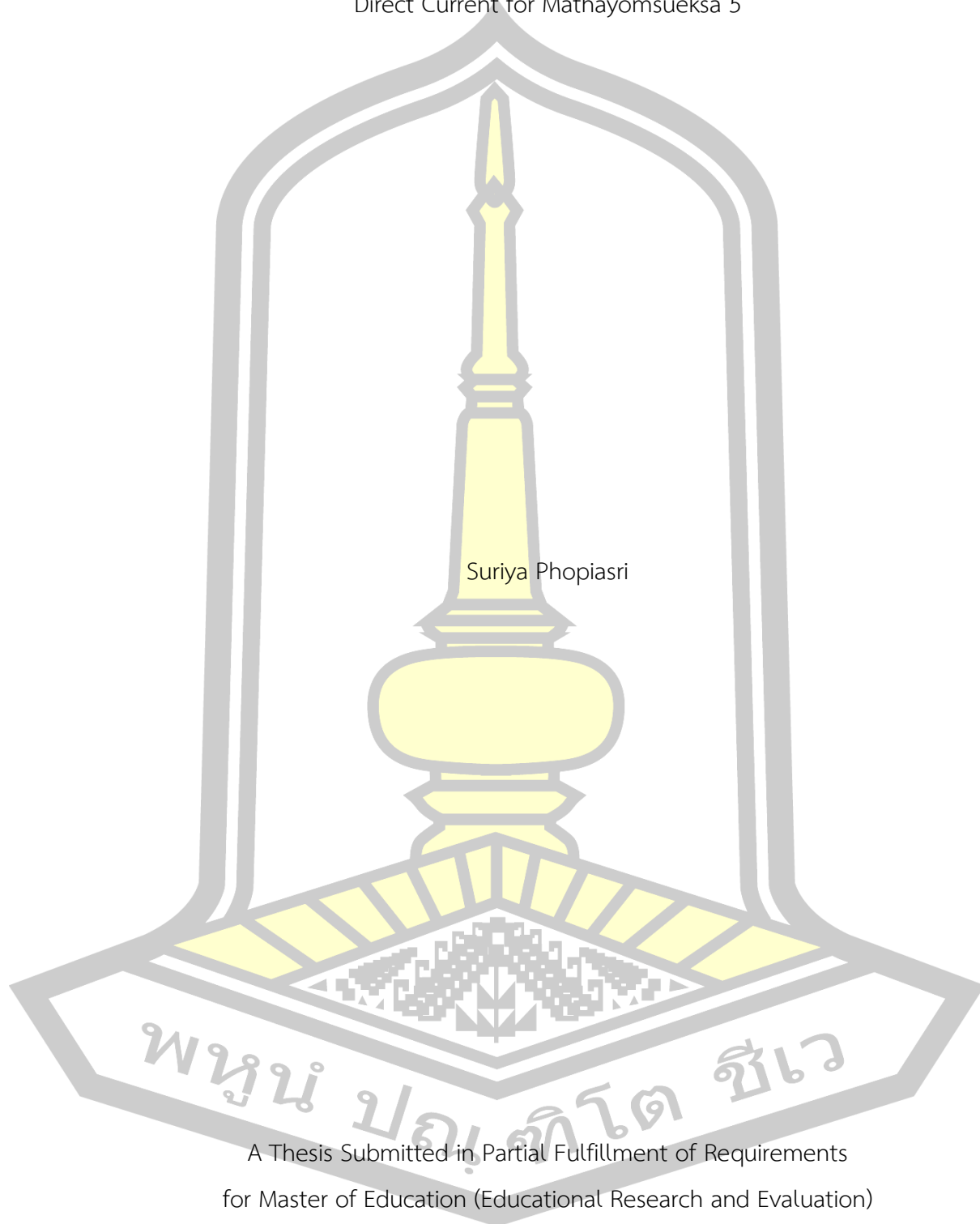
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา

สิงหาคม 2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

A Construction of Experimental Performance Measuring in Physics Learning Unit of
Direct Current for Mathayomsueksa 5



Suriya Phopiasri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Education (Educational Research and Evaluation)

August 2020

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายสุริยา โพธิ์เปี้ยศรี แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัย
และประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. วราพร เอรารวรรณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. อรนุช วรอำศวปติ ศรีสะอาด)

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. เนตรชนก จันทร์สว่าง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. พชรวิทย์ จันทร์ศิริสิริ)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้า กระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5		
ผู้วิจัย	สุรียา โพธิ์เปี้ยศรี		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรณู วราอัศวปติ ศรีสะอาด		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิจัยและประเมินผลการศึกษา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 จำนวน 62 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จำนวน 3 ฉบับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น

ผลการศึกษาปรากฏดังนี้

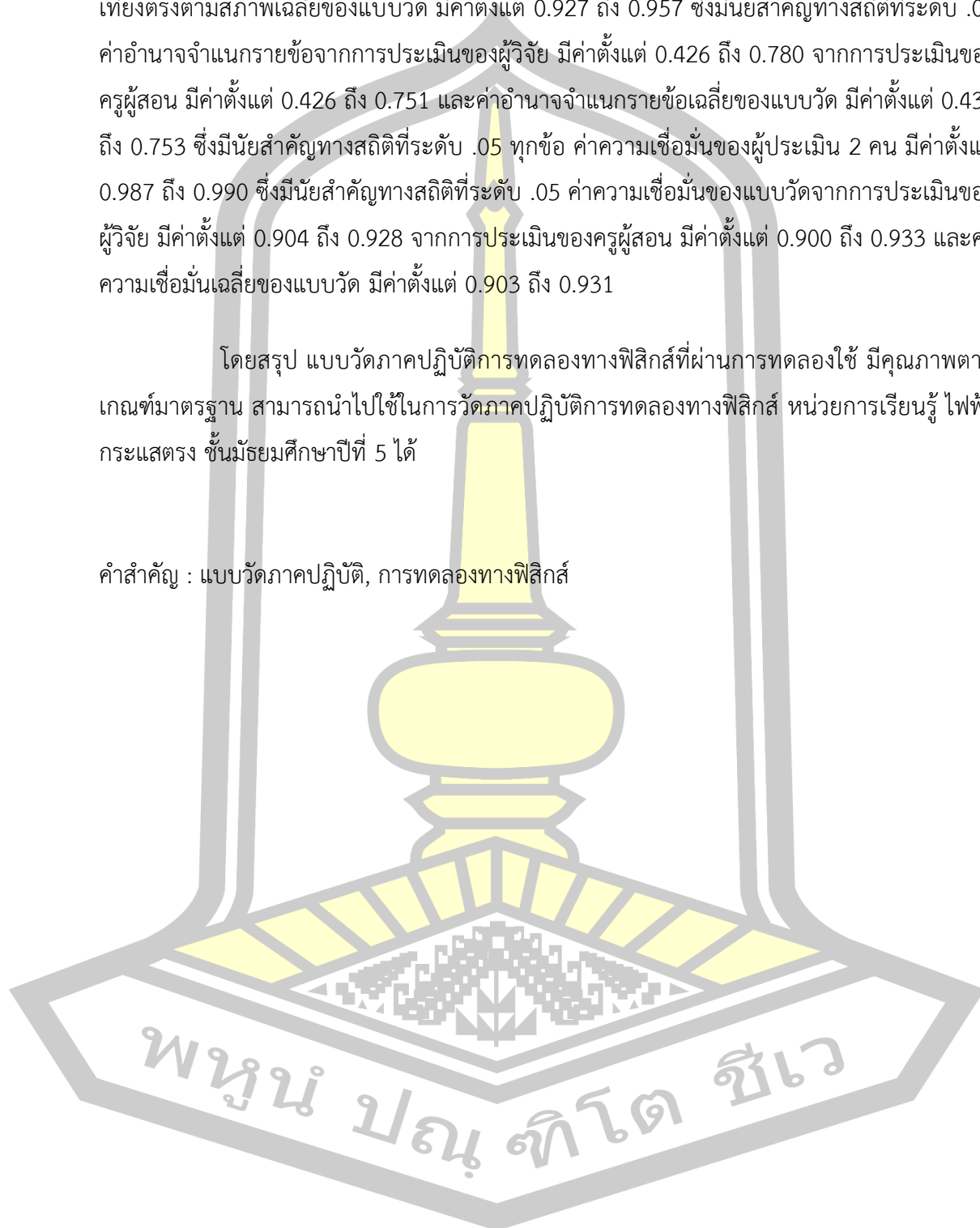
1. การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.80 ถึง 1.00 ทุกฉบับ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อจากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.356 ถึง 0.766 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.345 ถึง 0.790 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.778 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.981 ถึง 0.989 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดจากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.913 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.908 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.911

2. การหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าความเที่ยงตรงตามสภาพจากการประเมินของผู้วิจัย

มีค่าตั้งแต่ 0.936 ถึง 0.958 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.917 ถึง 0.956 และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.927 ถึง 0.957 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อจากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.780 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.751 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.431 ถึง 0.753 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.987 ถึง 0.990 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดจากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.904 ถึง 0.928 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.900 ถึง 0.933 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.903 ถึง 0.931

โดยสรุป แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่ผ่านการทดลองใช้ มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้ในการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้

คำสำคัญ : แบบวัดภาคปฏิบัติ, การทดลองทางฟิสิกส์



TITLE	A Construction of Experimental Performance Measuring in Physics Learning Unit of Direct Current for Mathayomsueksa 5		
AUTHOR	Suriya Phopiasri		
ADVISORS	Assistant Professor Oranuch Wara-Asawapati Srisa-Ard , Ph.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Educational Research and Evaluation
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2020

ABSTRACT

The purposes of this research were to constructing and to evaluation the quality of experimental performance measuring in physics learning unit of direct current for Mathayomsueksa 5. The research sample were 62 Mathayomsueksa 5 students in the science – mathematics study plan for second semester year 2019 of schools in the secondary educational service area office 24. and selected by purposive sampling method. The research tool were experimental performance measuring in physics. The statistics used for analyzing the collected data were mean, standard deviation, discrimination, and reliability.

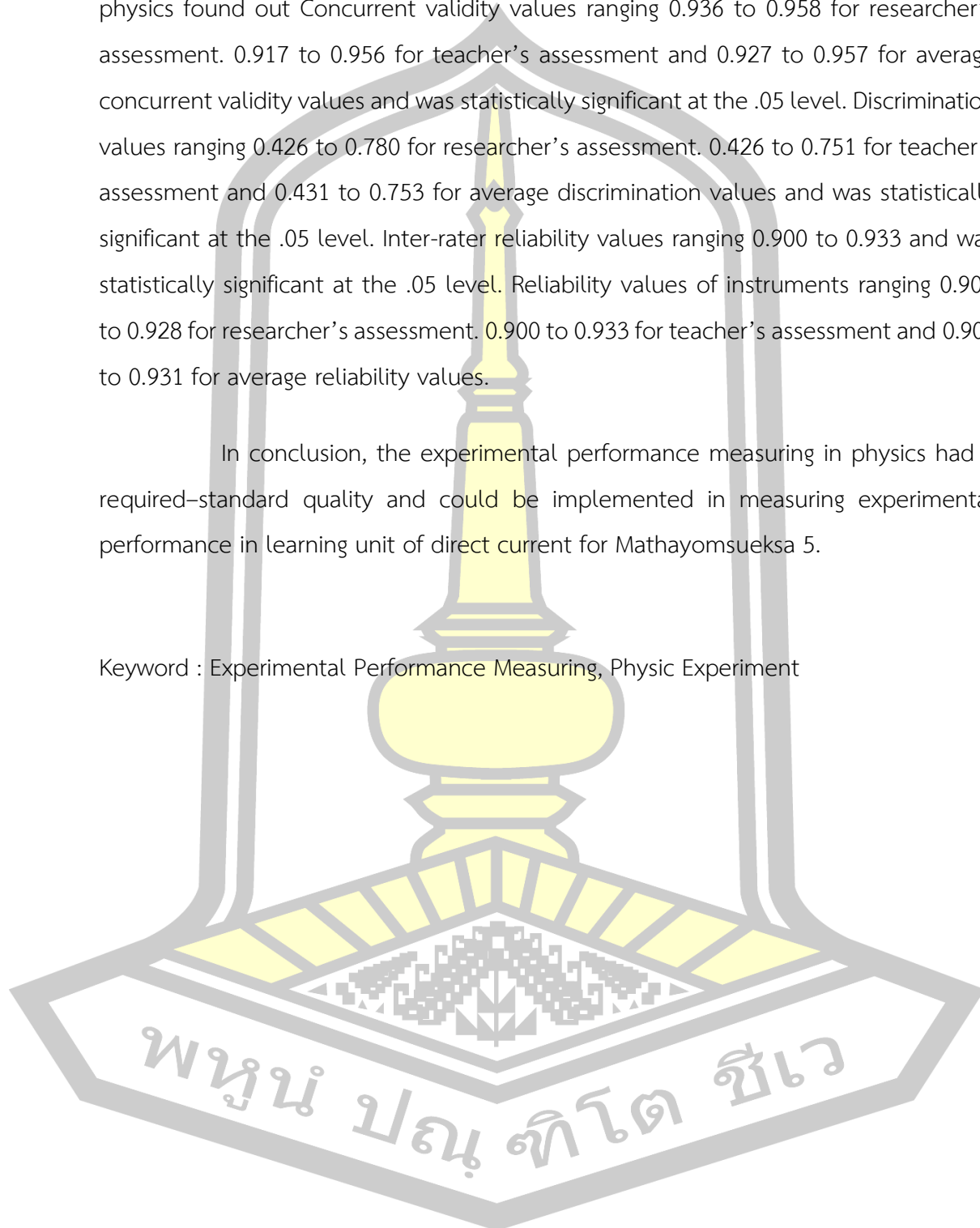
The results of the research are as follow :

1. A construction of experimental performance measuring in physics found out Index of consistency (IOC) values ranging 0.80 to 1.00. Discrimination values ranging 0.356 to 0.766 for researcher's assessment. 0.345 to 0.790 for teacher's assessment and 0.350 to 0.778 for average discrimination values and was statistically significant at the .05 level. Inter-rater reliability values ranging 0.981 to 0.989 and was statistically significant at the .05 level. Reliability values of instruments ranging 0.891 to 0.913 for researcher's assessment. 0.891 to 0.908 for teacher's assessment and 0.891 to 0.911 for average reliability values.

2. A evaluation the quality of experimental performance measuring in physics found out Concurrent validity values ranging 0.936 to 0.958 for researcher's assessment. 0.917 to 0.956 for teacher's assessment and 0.927 to 0.957 for average concurrent validity values and was statistically significant at the .05 level. Discrimination values ranging 0.426 to 0.780 for researcher's assessment. 0.426 to 0.751 for teacher's assessment and 0.431 to 0.753 for average discrimination values and was statistically significant at the .05 level. Inter-rater reliability values ranging 0.900 to 0.933 and was statistically significant at the .05 level. Reliability values of instruments ranging 0.904 to 0.928 for researcher's assessment. 0.900 to 0.933 for teacher's assessment and 0.903 to 0.931 for average reliability values.

In conclusion, the experimental performance measuring in physics had a required-standard quality and could be implemented in measuring experimental performance in learning unit of direct current for Mathayomsueksa 5.

Keyword : Experimental Performance Measuring, Physic Experiment



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรนุช วราอัศวปติ ศรีสะอาด ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราพร เอรารธรรม์ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการสอบ ที่ให้คำปรึกษาแนะนำตรวจแก้ไขข้อบกพร่องอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ อาจารย์ ดร.อพันธ์ ฟูลพุทธา อาจารย์ ดร.ธารทิพย์ จันทรมิยะ และอาจารย์นฤชา แก้วเสน่ห์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญช่วยตรวจเครื่องมือในการวิจัย และให้คำแนะนำอย่างดียิ่ง ซึ่งมีส่วนสำคัญให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ นางรุ่งฤดี มาตนาเรียง นายมณี อิ่มเจือ และนายวัชรานนท์ ลาบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้ร่วมประเมินในการเก็บรวบรวมข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้และคำปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารสถานศึกษา คณะครู และนักเรียนโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ โรงเรียนอนุกุลนารี และโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ เพื่อนร่วมรุ่นปริญญาโทสาขาวิจัยและประเมินผลการศึกษา รุ่น พ.31 ที่มีส่วนให้การช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ สมาชิกครอบครัวทุกคน ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนในการเรียนและการจัดทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้ให้ชีวิต ปัญญา และคุณธรรมความดี อันมีค่ายิ่งในการดำเนินชีวิตของผู้วิจัย

สุรียา โพธิ์เปี้ยศรี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพประกอบ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	10
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	15
การวัดภาคปฏิบัติ.....	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	56
งานวิจัยในประเทศ.....	56
งานวิจัยต่างประเทศ.....	60
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	62

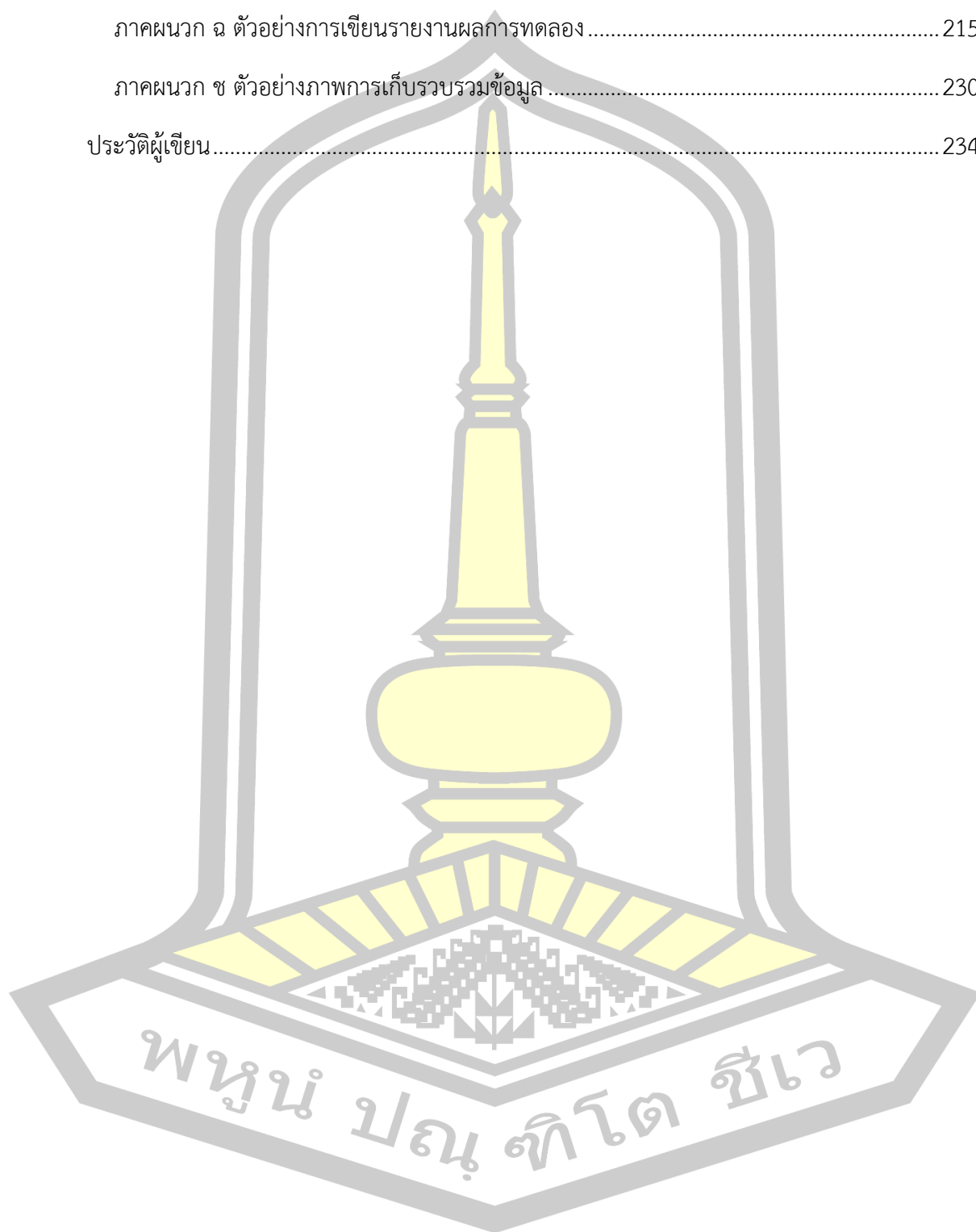
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	63
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	63
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	64
วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ.....	64
การเก็บรวบรวมข้อมูล	82
การวิเคราะห์ข้อมูล	83
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	84
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	88
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	88
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	89
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	102
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	102
สรุปผล	102
อภิปรายผล.....	106
ข้อเสนอแนะ	109
บรรณานุกรม.....	111
ภาคผนวก.....	116
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ และผู้ร่วมประเมินให้คะแนน (ครูผู้สอน)	117
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับ นิยามเชิงปฏิบัติการ และความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน	120
ภาคผนวก ค ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิง ปฏิบัติการ และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน...	130
ภาคผนวก ง แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5.....	141

ภาคผนวก จ ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล และเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน..... 193

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างการเขียนรายงานผลการทดลอง..... 215

ภาคผนวก ช ตัวอย่างภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 230

ประวัติผู้เขียน..... 234



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 แสดงส่วนประกอบหรือเกณฑ์การประเมินของทักษะปฏิบัติการ และนิยามของเกณฑ์ มาตรฐานที่เป็นตัวชี้วัด	31
ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม	44
ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน	44
ตาราง 4 ตัวอย่างแบบสำรวจรายการปฏิบัติการทดลอง	47
ตาราง 5 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐาน ค่า	47
ตาราง 6 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยก องค์ประกอบย่อย	48
ตาราง 7 ตัวอย่างแนวทางให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง	48
ตาราง 8 ตัวอย่างแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง การทดลองสมบัติของสาร	49
ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง สมบัติของสาร	50
ตาราง 10 ตัวอย่างแบบสังเกตรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การศึกษาเรื่องเซลล์พืช	53
ตาราง 11 ตัวอย่างแบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน	53
ตาราง 12 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตภาคปฏิบัติ เรื่อง พลังงานศักย์	54
ตาราง 13 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล	64
ตาราง 14 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองกฎของโอห์ม)	67
ตาราง 15 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร)	70
ตาราง 16 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและ ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่)	73
ตาราง 17 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ไปทดลองใช้ (Try out) และใช้ในการทดสอบ	82

ตาราง 18 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการทดลองใช้ (Try out).....	92
ตาราง 19 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการทดลองใช้ (Try out).....	94
ตาราง 20 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการทดลองใช้ (Try out)	94
ตาราง 21 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์.....	95
ตาราง 22 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์	96
ตาราง 23 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์	97
ตาราง 24 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์.....	98
ตาราง 25 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์.....	98
ตาราง 26 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม.....	99
ตาราง 27 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า ในวงจร ..	100
ตาราง 28 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่	101
ตาราง 29 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (การทดลองกฎของโอห์ม).....	131
ตาราง 30 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า ในวงจร) ..	132
ตาราง 31 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ (การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่).....	133
ตาราง 32 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน (การทดลองกฎของโอห์ม).....	134

ตาราง 33 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน (การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า ในวงจร) 136	
ตาราง 34 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน (การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่)..... 138	
ตาราง 35 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 1 การทดลอง กฎของโอห์ม 194	
ตาราง 36 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 2 การทดลอง หาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร 196	
ตาราง 37 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 3 การทดลอง หาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจากผู้วิจัย)..... 198	
ตาราง 38 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 3 การทดลอง หาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจากครูผู้สอน) .200	
ตาราง 39 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของ โอห์ม..... 202	
ตาราง 40 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 2 การทดลองหา ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร..... 205	
ตาราง 41 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 3 การทดลองหา อีเอ็ม เอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจากผู้วิจัย)..... 208	
ตาราง 42 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 3 การทดลองหา อีเอ็ม เอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจากครูผู้สอน)..... 211	
ตาราง 43 เกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน 214	

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในวิจัย การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	62
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์.....	65



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัยค้น มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม ซึ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มสาระหนึ่งที่มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญคือ เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ ขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน นำความรู้ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และการดำรงชีวิต พัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ ตลอดจนเป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่าง

สร้างสรรค์ ดังนั้นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้น การเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้ กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2560)

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดการเรียนการสอน ต้องดำเนินการด้วยเทคนิควิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถวัดและประเมินผลผู้เรียนได้อย่าง รอบด้าน ทั้งด้านความรู้ ความคิด กระบวนการ พฤติกรรมและเจตคติ เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด ธรรมชาติวิชา และระดับของชั้นเรียน โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเที่ยงตรง ยุติธรรม และเชื่อถือได้ ดังนั้นครูผู้สอนควรใช้วิธีการที่หลากหลายจากแหล่งข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง เพื่อให้ได้ผลการประเมิน ที่สะท้อนความรู้ความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน โดยวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ไปพร้อมกับการจัดการเรียนการสอน สังเกตพัฒนาการและความประพฤติของผู้เรียน สังเกต พฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมควรเน้นการประเมินตามสภาพจริง เช่น การประเมิน การปฏิบัติงาน การประเมินจากโครงงาน หรือการประเมินจากแฟ้มสะสมงาน เป็นต้น ควบคู่ไปกับการใช้การทดสอบแบบต่าง ๆ อย่างสมดุล และต้องให้ความสำคัญกับการประเมินระหว่างเรียน มากกว่าการประเมินปลายปีหรือปลายภาคเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2553)

การวัดภาคปฏิบัติ เป็นการวัดผลงานที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติที่สามารถวัดได้ทั้ง กระบวนการ และผลงานในสถานการณ์จริงหรือในสถานการณ์จำลอง ซึ่งนักเรียนควรจะทราบ ล่วงหน้า เพื่อเปิดโอกาสให้เตรียมตัวแสดงได้อย่างเต็มความสามารถ การวัดภาคปฏิบัติจะเหมาะสม กับวิชาที่เน้นการปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี และสามารถวัดควบคู่ไปกับการวัดภาคทฤษฎีคือการใช้ แบบทดสอบ การวัดภาคปฏิบัติเป็นการวัดด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) โดยตรง โดยที่ผู้วัดจะใช้การสังเกตวัดการปฏิบัติงานของผู้ถูกวัด และการวัดผลภาคปฏิบัติมีความยุ่งยาก ประการหนึ่ง คือ การตรวจให้คะแนนจะเหมือนกับการตรวจข้อสอบแบบอัตนัย ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ตรวจ หรือผู้ประเมินอาจมีความลำเอียง ขาดความคงเส้นคงวา (สมนึก ภัททิยธนี, 2560) ดังนั้น ในกระบวนการสร้างแบบวัดประเภทนี้จึงต้องมีการตรวจสอบความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน โดยให้ผู้ประเมินตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป ประเมินการปฏิบัติของแต่ละคนหรือเป็นกลุ่มในกลุ่มเดิม แล้วนำผลที่ได้มาหาความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน ซึ่งก็คือความสอดคล้องในการประเมินนั่นเอง (บุญชม ศรีสะอาด, 2543)

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนที่เริ่มจากกำหนดจุดมุ่งหมายด้านต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ความคิด กระบวนการ เรียนรู้ เจตคติและโอกาสในการเรียนรู้ ต่อจากนั้นจึงกำหนดวิธีการวัดผลประเมินผลที่หลากหลาย

ทั้งการประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ และการประเมินตามสภาพจริงจากการปฏิบัติงาน และผลงานของผู้เรียน ทั้งนี้จะต้องกำหนดเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประเมินได้อย่างเที่ยงตรง การวัดผลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันเป็นการประเมินตามสภาพจริงมากกว่า การประเมินจากการทดสอบด้วยข้อสอบ เนื่องจากการประเมินตามสภาพจริงช่วยสะท้อนถึง สมรรถภาพของผู้เรียนได้ครอบคลุมทุกด้าน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546)

การใช้การปฏิบัติในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ แม้จะเป็นที่ยอมรับว่ามีความสำคัญ และมีคุณค่าต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นส่วนสำคัญที่เป็นตัวเชื่อมโยงความรู้และทักษะทาง วิทยาศาสตร์ไปสู่ชีวิตจริง เป็นต้นว่า ใ้รู้จักการลงมือทำงาน ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย ทำให้เรียนรู้จากกระบวนการคิด และทำงานเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมการหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นทักษะที่สามารถนำไปใช้ได้ สถานการณ์จริงนอกห้องเรียน อีกทั้งโรงเรียน และรัฐได้ลงทุนไปในภาคปฏิบัติการมากมาย แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่เคยได้รับความสำคัญอย่างจริงจัง เพราะแม้จะมีการการสอนเกิดขึ้นจริงในโรงเรียน แต่ไม่มีการประเมินผลว่านักเรียนได้บรรลุถึง จุดประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่อย่างไร ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนก็มักจะละเลยภาคปฏิบัติในที่สุด และในการ วัดภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ แม้จะให้ความสำคัญกับภาคปฏิบัติแต่ไม่มีการประเมินผล หรือถ้ามีส่วนมากที่มีปฏิบัติอยู่ก็ถือเป็นการประเมินผลการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติการบ้าง แต่ก็จะเป็นการ ประเมินจากงานเขียน เป็นต้นว่า การประเมินจากรายงานหรือการทดสอบโดยใช้ข้อเขียน กล่าวคือ การประเมินจากรายงานที่นักเรียนเขียนส่งหลังจากการทำปฏิบัติการเสร็จแล้ว ส่วนมากการประเมิน จากรายงานมักจะทำได้คร่าว ๆ ในด้านการตั้งปัญหา และคำตอบสำหรับการแก้ปัญหา การแปลข้อมูล ไม่ได้ประเมินการปฏิบัติจริง ส่วนการทดสอบโดยใช้ข้อสอบที่เขียนเป็นการสอบเกี่ยวกับภาคปฏิบัติ ไม่ใช่การสอบภาคปฏิบัติจริง ข้อสอบอาจจะประเมินความรู้ที่ได้จากการทำการทดลอง การวางแผน การรู้จักชื่อเครื่องมือ หรือบอกประโยชน์ของเครื่องมือ แต่ไม่สามารถวัดได้ว่านักเรียนรู้จักใช้หรือไม่ (สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับ นิเชต สุนทรพิทักษ์ (2533) ที่กล่าวว่า ในการประเมินผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่จะเป็นการวัดด้านความรู้ มากกว่าด้านการปฏิบัติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นวิชาที่อาศัย กระบวนการสืบเสาะหาความรู้อันเกิดจากการฝึกฝนและได้ปฏิบัติจริง โดยใช้กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ ทำให้ไม่สามารถตัดสินได้ว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใด ควรจะปรับปรุงข้อบกพร่องของนักเรียนในทักษะใดบ้าง

นอกจากนี้ ธงชัย ชิวปรีชา (2537) ได้สรุปเกี่ยวกับสภาพปัญหาการวัดผลการเรียน การสอนไว้ว่า ปัญหาการวัดผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ได้แก่ การมุ่งเน้นการวัด และประเมินพุทธิพิสัยเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการวัดประเมินผลด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัยน้อยมาก

รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและการประเมินผลส่วนใหญ่เป็นเพียงข้อสอบแบบเลือกตอบ ซึ่งมีข้อจำกัดอยู่หลายประการ และสอดคล้องกับ สุวิมล ว่องวานิช (2547) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การวัดผลของครูส่วนใหญ่นิยมที่จะวัดผลด้านความรู้มากกว่าปฏิบัติ และใช้วิธีการวัดผลภาคปฏิบัติ ด้วยข้อสอบเนื่องจากประมวลผลง่ายและรวดเร็ว ซึ่งข้อเสียของการวัดผลภาคปฏิบัติโดยการให้ข้อสอบจะมีสภาพความเป็นจริงต่ำสุด และการวัดผลที่ดีต้องมุ่งเน้นวัดกระบวนการมากกว่าที่จะดูผลงานที่ออกมาเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการวัดภาคปฏิบัติจึงควรมีเครื่องมือในการวัดและประเมินผลที่ดีมีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ จตุภูมิ เขตจัตุรัส (2560) ที่กล่าวไว้ว่า ในการประเมินภาคปฏิบัติ ครูผู้สอนต้องสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ประกอบการประเมิน เช่น แบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ แบบประเมิน แบบมาตราประมาณค่า แบบบันทึกพฤติกรรม แบบตรวจสอบรายการ แบบบันทึกผลการปฏิบัติ เป็นต้น และควรมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อนำไปใช้ในการประเมินตัดสินต่อไป

จากการสืบค้นงานวิจัยในประเทศไทยจากระบบฐานข้อมูลออนไลน์ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 จนถึงปัจจุบัน พบว่า งานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ มีจำนวนน้อยมาก และยังพบว่าไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองในวิชาฟิสิกส์โดยตรงอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยดังกล่าว ได้แก่ งานวิจัยของนิภารัตน์ เพ็งอารีย์ (2550) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ชวีณัฐดา ฤๅการ (2550) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องมือวัดปฏิบัติการทดลองสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 จุติกานต์ คำปลิว (2555) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จังหวัดระยอง และ ศักดิ์ดา สาดา (2555) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง เรื่อง พลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งส่วนใหญ่ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติเป็นแบบสังเกตการปฏิบัติชนิดมาตราส่วนประมาณค่า และใช้ควบคู่กับแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจ สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ และหนังสือคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบว่า มีการเสนอตัวอย่างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองไว้บ้างบางส่วน ซึ่งเป็นการวัดและประเมินผลแบบภาพรวม แต่ยังไม่มีการวัดที่เฉพาะเจาะจงสำหรับแต่ละกิจกรรมการทดลองนั้น ๆ

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่จัดว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของวิทยาศาสตร์ที่มุ่งศึกษาหากฎเกณฑ์ต่าง ๆ สำหรับอธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ ความสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน โดยมีการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นทั้งภาคปฏิบัติควบคู่ไปกับภาคทฤษฎี ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานของวิชาฟิสิกส์ ด้วยการอาศัยกิจกรรมการเรียนรู้

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ความคิด มีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม แต่ในการวัด ภาควิชาปฏิบัติการทดลองยังขาดเครื่องมือวัดที่ดีและมีคุณภาพในด้านความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง ในการตัดสินใจหรือบ่งชี้ความสามารถของนักเรียน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน กำหนดไว้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างแบบวัดภาควิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนมี ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและ กำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ใน ชีวิตประจำวันของนักเรียนในด้านความประหยัด คุ่มค่า และปลอดภัยจากการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้วัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการแสดงผลการทดลอง ซึ่งครอบคลุมการวัดภาควิชาปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric)

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบวัดภาควิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาควิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้แบบวัดภาควิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอน วิชาฟิสิกส์ให้เป็นไปตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร
2. เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดภาควิชาปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ในหน่วยการเรียนรู้ อื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ
3. เป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดภาควิชาปฏิบัติในวิชาอื่น ๆ ให้มีคุณภาพ

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา
เขต 24 จำนวน 3,439 คน จาก 55 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-
คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา
เขต 24 จำนวน 62 คน จาก 2 โรงเรียน ๆ ละ 1 ห้อง คือ โรงเรียนอนุกุลนารี
และโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)
โดยมีหลักเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง คือ เป็นโรงเรียนที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน
นักเรียนมีความรู้ความสามารถใกล้เคียงกัน มีความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และอุปกรณ์
การทดลองทางวิทยาศาสตร์ มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนใกล้เคียงกัน มีหลักสูตรและหนังสือ
ประกอบการเรียนการสอนเป็นแนวทางเดียวกัน ผู้บริหารโรงเรียนและคณะครูให้ความร่วมมือในการ
เก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย และมีจำนวนนักเรียนเพียงพอแก่การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เล่ม 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หน่วยการเรียนรู้
ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งมีกิจกรรมการทดลอง 3 เรื่อง ได้แก่ การทดลองกฎของโอห์ม การทดลองหา
ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร การทดลองหาอีเอ็ม
เอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หมายถึง เครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ และฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) และแบบวัดแต่ละฉบับมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกต ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลองของนักเรียน

2. คุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดหรือวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการวัด มีความสอดคล้องกันระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการ รายการประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้หาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ และระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

2.2 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่วัดได้ตรงตามสภาพจริง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้หาความเที่ยงตรงตามสภาพ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ประสิทธิภาพในการจำแนกผู้เรียนที่มีความสามารถในการปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์สูงและต่ำออกจากกัน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

2.4 ความเชื่อมั่นของแบบวัด (Reliability) หมายถึง ความคงที่แน่นอนของแบบวัดภาคปฏิบัติที่ได้จากการวัด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (α -Cronbach)

2.5 ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน (Reliability of Rater) หมายถึง ความสอดคล้องของการให้คะแนนจากผู้ประเมิน 2 คน คือ ผู้วิจัยและครูผู้สอน หาได้โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยได้นำเสนอตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

1. กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
 - 1.1 เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์
 - 1.2 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์
 - 1.3 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
 - 1.4 เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
 - 1.5 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
2. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
3. การวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.1 ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.2 หลักการวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.3 ประเภทของการวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.4 วิธีการและเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.5 การวัดภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์
 - 3.6 การสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.7 คุณภาพของเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.8 ข้อดีและข้อจำกัดของการวัดภาคปฏิบัติ
 - 3.9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค
 - 3.10 ตัวอย่างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ
5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และ อวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการ วางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำ ความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับ ความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถ แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

1. เป้าหมายของการเรียนวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง มากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดใน การศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
4. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
5. เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิด ประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

6. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

7. เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

2. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ เรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของ สิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทาง ชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี

การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิต ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบ เชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี สารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจความหลากหลายของระบบนิเวศ ความสัมพันธ์ระหว่าง สิ่งไม่มีชีวิตกับสิ่งมีชีวิต และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การถ่ายทอดพลังงาน การเปลี่ยนแปลงแทนที่ในระบบนิเวศ ความหมายของประชากร

ปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม แนวทางในการอนุรักษ์
ทรัพยากรธรรมชาติและ การแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต
การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ
ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ
ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 1.3 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะ
ทางพันธุกรรม สารพันธุกรรม การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิต ความหลากหลาย
ทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสมบัติของสสาร องค์ประกอบของสสาร ความสัมพันธ์
ระหว่างสมบัติของสสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติของ
การเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิดสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรงที่กระทำ
ต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและ
การถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของ
คลื่น ปฏิกิริยาการแผ่รังสีเกี่ยวกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการ
ของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ รวมทั้งปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ ที่ส่งผลต่อ
สิ่งมีชีวิตและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบโลก
กระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลกและบนผิวโลก ธรณีพิบัติภัย กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้า
อากาศและภูมิอากาศโลก รวมทั้งผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคม
ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบ
เชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง
 อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน
 และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

4. เรียนรู้อะไรในวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต
 เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้าง
 และการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์
 และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร
 การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่
 และพลังงาน

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลง
 ทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน
 ของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ
 และดาราศาสตร์กับมนุษย์

5. สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระชีววิทยา

1. เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
 สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้าง
 และหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

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

3. เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊สและคายน้ำของพืช
 การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต
 และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนองต่อการเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอโมนกับการรักษาคุณภาพและพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5. เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหาสารเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจหลักการปฏิบัติการณ์เคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

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

2. เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่น เสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสง รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็กที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าและกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4. เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิและสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงแผ่นลม และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัยและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์
2. เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ
3. เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศในการดำรงชีวิต

จากการศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียนและเพื่อตัดสินผลการเรียน ในการพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ประสบผลสำเร็จนั้น ผู้เรียนจะต้องได้รับการพัฒนาและประเมินตามตัวชี้วัดเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานการเรียนรู้ สะท้อนสมรรถนะสำคัญ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ในทุกระดับไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

เป็นกระบวนการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนโดยใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลและสารสนเทศ
ที่แสดงพัฒนาการ ความก้าวหน้า และความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียน ตลอดจนข้อมูล
ที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างเต็มตามศักยภาพ

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับชั้นเรียน
ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ มีรายละเอียดดังนี้

1. การประเมินระดับชั้นเรียน เป็นการวัดและประเมินผลที่อยู่ในกระบวนการ
จัดการเรียนรู้ ผู้สอนดำเนินการเป็นปกติและสม่ำเสมอ ในการจัดการเรียนการสอนใช้เทคนิค
การประเมินอย่างหลากหลาย เช่น การซักถาม การสังเกต การตรวจการบ้าน การประเมินโครงงาน
การประเมินชิ้นงาน/ภาระงาน แฟ้มสะสมงาน การใช้แบบทดสอบ ฯลฯ โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินเอง
หรือเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน ผู้ปกครองร่วมประเมิน ในกรณีที่ไม่ผ่าน
ตัวชี้วัดให้มีการสอนซ่อมเสริม

การประเมินระดับชั้นเรียนเป็นการตรวจสอบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการความก้าวหน้า
ในการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือไม่ และมากน้อยเพียงใด
มีสิ่งที่จะต้องได้รับการพัฒนาปรับปรุงและส่งเสริมในด้านใด นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลให้ผู้สอนใช้
ปรับปรุงการเรียนการสอนของตนด้วย ทั้งนี้โดยสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

2. การประเมินระดับสถานศึกษา เป็นการประเมินที่สถานศึกษาดำเนินการเพื่อตัดสิน
ผลการเรียนของผู้เรียนเป็นรายปี/รายภาค ผลการประเมินการอ่าน คณิตวิเคราะห์และเขียน
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน นอกจากนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัด
การศึกษาของสถานศึกษาว่าส่งผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายหรือไม่ ผู้เรียนมีจุดพัฒนาใน
ด้านใด รวมทั้งสามารถนำผลการเรียนของผู้เรียนในสถานศึกษาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับชาติ
ผลการประเมินระดับสถานศึกษาจะเป็นข้อมูลและสารสนเทศเพื่อการปรับปรุงนโยบาย หลักสูตร
โครงการ หรือวิธีการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนเพื่อการจัดทำแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษาของ
สถานศึกษาตามแนวทางการประกันคุณภาพการศึกษาและการรายงานผลการจัดการศึกษาต่อ
คณะกรรมการสถานศึกษา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้น
พื้นฐาน ผู้ปกครองและชุมชน

3. การประเมินระดับเขตพื้นที่การศึกษา เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับ
เขตพื้นที่การศึกษาตามมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อใช้เป็น
ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาคุณภาพการศึกษาของเขตพื้นที่การศึกษา ตามภาระความรับผิดชอบ
สามารถดำเนินการโดยประเมินคุณภาพผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนด้วยข้อสอบมาตรฐานที่จัดทำ
และดำเนินการโดยเขตพื้นที่การศึกษา หรือด้วยความร่วมมือกับหน่วยงานต้นสังกัด ในการดำเนินการ

จัดสอบ นอกจากนี้ยังได้จากการตรวจสอบทบทวนข้อมูลจากการประเมินระดับสถานศึกษาในเขตพื้นที่การศึกษา

4. การประเมินระดับชาติ เป็นการประเมินคุณภาพผู้เรียนในระดับชาติตามมาตรฐานการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน สถานศึกษาต้องจัดให้ผู้เรียนทุกคนที่เรียนในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เข้ารับการประเมิน ผลจากการประเมินใช้เป็นข้อมูลในการเทียบเคียงคุณภาพการศึกษาในระดับต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษา ตลอดจนเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจในระดับนโยบายของประเทศ ข้อมูลการประเมินในระดับต่าง ๆ ข้างต้นเป็นประโยชน์ต่อสถานศึกษาในการตรวจสอบทบทวนพัฒนาคุณภาพผู้เรียน ถือเป็นภาระความรับผิดชอบของสถานศึกษาที่จะต้องจัดระบบดูแลช่วยเหลือ ปรับปรุงแก้ไข ส่งเสริมสนับสนุน เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพบนพื้นฐาน ความแตกต่างระหว่างบุคคลที่จำแนกตามสภาพปัญหาและความต้องการ ได้แก่ กลุ่มผู้เรียนทั่วไป กลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถพิเศษ กลุ่มผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ กลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาด้านวินัยและพฤติกรรม กลุ่มผู้เรียนที่ปฏิเสธโรงเรียน กลุ่มผู้เรียนที่มีปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคม กลุ่มพิการทางร่างกายและสติปัญญา เป็นต้น ข้อมูลจากการประเมินจึงเป็นหัวใจของสถานศึกษาในการดำเนินการช่วยเหลือผู้เรียนได้ทันทั่วถึง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาและประสบความสำเร็จในการเรียน สถานศึกษาในฐานะผู้รับผิดชอบจัดการศึกษาจะต้องจัดทำระเบียบว่าด้วยการวัดและประเมินผลการเรียนของสถานศึกษาให้สอดคล้องและเป็นไปตามหลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติที่เป็นข้อกำหนดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน เพื่อให้บุคลากรที่เกี่ยวข้องทุกฝ่ายถือปฏิบัติร่วมกัน

จากการศึกษาการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ต้องอยู่บนหลักการพื้นฐานสองประการ คือ การประเมินเพื่อพัฒนาผู้เรียน และเพื่อตัดสินผลการเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน โดยใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลและสารสนเทศที่แสดงพัฒนาการ ความก้าวหน้า และความสำเร็จทางการเรียนของผู้เรียน ตลอดจนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาและเรียนรู้อย่างเต็มตามศักยภาพ ซึ่งแบ่งการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับชั้นเรียน ระดับสถานศึกษา ระดับเขตพื้นที่การศึกษา และระดับชาติ

การวัดภาคปฏิบัติ

1. ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติ

นักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติไว้ ดังนี้

โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์ (2523) ได้ให้ความหมายของการวัดผลภาคปฏิบัติว่า ในการวัดภาคปฏิบัติสิ่งที่จะต้องวัดมี 2 ประการ ดังนี้

1. ความสามารถและทักษะในการปฏิบัติงาน คือ การวัดทักษะการปฏิบัติ และการวัดผลงาน

2. การวัดพฤติกรรมของนักเรียนว่ามีพฤติกรรมอย่างไร มีความตั้งใจในการทำงาน มีความรับผิดชอบ ให้ความร่วมมือ ให้ความสนใจ มีวินัยในตนเองหรือไม่ พฤติกรรมหรือการกระทำดังกล่าว สามารถวัดได้ด้วยการสังเกต

ไพศาล หวังพานิช (2526) ได้ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติหรือความสามารถของการปฏิบัติว่า เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมออกมาด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการ วิธีการต่าง ๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมาให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะของผู้เรียน

เผียน ไชยสร (2529) ได้ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติว่า เป็นการวัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยบุคคลนั้นได้ลงมือปฏิบัติการจัดการกระทำ (Materials or Physical Objects) โดยทางกายหรือการรับรู้ทางประสาทสัมผัส

นิโลบล นิมกังรัตน์ (2548) ได้อธิบายความหมายของการวัดผลงานภาคปฏิบัติว่า หมายถึง การวัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจจะเริ่มวัดตั้งแต่ขั้นเตรียม ขั้นลงมือปฏิบัติ ขั้นผลของงาน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการวัดแต่ละครั้ง

สมนึก ภัททิยธนี (2560) ได้ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติว่า เป็นการวัดผลงานที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งกระบวนการและผลงานในสภาพตามธรรมชาติ (สถานการณ์จริง) หรือในสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น (สถานการณ์จำลอง) ซึ่งโดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ขั้นเตรียมงาน ขั้นปฏิบัติงาน และขั้นผลงาน

จากความหมายของการวัดภาคปฏิบัติที่กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า การวัดภาคปฏิบัติเป็นการวัดความสามารถทักษะปฏิบัติงานและพฤติกรรมผู้เรียนจากสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งกระบวนการและผลงานที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติของนักเรียน โดยจะเริ่มวัดตั้งแต่ขั้นเตรียมงาน ขั้นปฏิบัติงาน และขั้นผลงาน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการวัดแต่ละครั้ง

2. หลักการวัดภาคปฏิบัติ

สมชาย วรกิจเกษมสกุล (2557) ได้กล่าวถึงหลักการวัดภาคปฏิบัติใด ๆ ที่มีประสิทธิภาพ มีหลักการในการดำเนินการ ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ของการวัดภาคปฏิบัติให้ชัดเจน และดำเนินการวัดผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
 2. การปฏิบัติงานที่กำหนดให้จะต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์อย่างแท้จริง
 3. กำหนดวิธีการดำเนินการวัดผลได้อย่างเหมาะสมทั้งในลักษณะของรายบุคคล ที่ต้องแสดงความสามารถเฉพาะบุคคล หรือรายกลุ่มที่ต้องการใช้ความร่วมมือหรือความรับผิดชอบร่วมกันของสมาชิกกลุ่ม
 4. มีความยุติธรรมในการประเมินผล ดังนี้
 - 4.1 กำหนดลักษณะหรือระดับของผลงานที่ปฏิบัติให้ชัดเจน
 - 4.2 กำหนดเงื่อนไขในการปฏิบัติงานที่ชัดเจน
 - 4.3 งานที่ปฏิบัติที่มอบหมายให้ผู้เรียนควรมีลักษณะเดียวกัน
 5. มีวิธีการตรวจให้คะแนนที่เป็นปรนัยและเที่ยงตรง ดังนี้
 - 5.1 มีแบบตรวจให้คะแนนที่ชัดเจน
 - 5.2 กำหนดการให้คะแนนในส่วนของกระบวนการปฏิบัติงานหรือผลงานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม
 - 5.3 การให้คะแนนมีความครอบคลุมในทุกประเด็นที่ต้องการวัด
 6. มีเกณฑ์การประเมินผลที่ชัดเจนทั้งในส่วนของวิธีดำเนินงานหรือผลงาน ดังนี้
 - 6.1 กระบวนการปฏิบัติงาน ควรพิจารณาการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องหรือไม่ อย่างไร เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพ
 - 6.2 ผลงาน จำแนกเป็น
 - 6.2.1 เกณฑ์ด้านปริมาณ เป็นความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว หรือได้ปริมาณผลงานที่มากกว่าโดยเวลานี้น้อยกว่า
 - 6.2.2 เกณฑ์คุณภาพ เป็นความสามารถในการสร้างผลงานที่มีคุณภาพที่ดี สวยงาม และสามารถนำไปใช้งานได้มีประสิทธิภาพ
- สมนึก ภัททิยธนี (2560) ได้กล่าวถึงหลักการวัดภาคปฏิบัติไว้ ดังนี้

1. หลักการสำคัญมากคือต้องบอกให้ผู้ถูกวัดทราบล่วงหน้าว่าจะวัดภาคปฏิบัติอะไร อย่างไร โดยไม่ต้องเกรงว่าการสอบวัดภาคปฏิบัติจะรั่วไหล (ต่างจากการทดสอบที่บอกล่วงหน้าเฉพาะกำหนดการ) ผู้ถูกวัดจึงแสดงความสามารถได้เต็มที่ (คล้ายกับการแข่งขันกีฬา) และในบางสิ่ง

บางอย่าง เมื่อนักเรียนปฏิบัติในสิ่งนั้นได้ก็มักจะเป็นเช่นนั้นตลอดไป เช่น ขับร้องไพเราะ ทำอาหารอร่อย ฯลฯ

2. กรรมการหรือผู้วัดจะให้การสังเกตวัดการปฏิบัติงานของผู้ถูกวัด ซึ่งเป็นการวัดด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) โดยตรง

3. ต้องกำหนดจุดประสงค์ของการวัดภาคปฏิบัติให้ชัดเจน ซึ่งอาจวัดเพียงบางขั้นตอนหรือทุกขั้นตอน

4. คุณภาพของสิ่งที่จะวัดในครั้งหนึ่ง ๆ ต้องมีจำนวนเพียงพอและสามารถวัดได้โดยตรง

5. แบบฟอร์มที่ใช้วัดมักจะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ซึ่งใช้กับขั้นตอนที่ถูกผิด หรืออันตรายหรือจะทำให้เกิดความเสียหาย ส่วนมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ใช้วัดขั้นตอนที่เป็นคุณภาพของผลงาน ซึ่งสามารถให้คะแนนตามลำดับมากน้อยได้สะดวก แต่ต้องระบุเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน (Rubric Score)

6. ไม่ควรวัดภาคปฏิบัติทุกคาบที่เรียนหรือทุกแผนการสอน เพราะการเรียนการสอนเน้นการฝึกปฏิบัติมากกว่าการวัดภาคปฏิบัติ (คล้ายกับการแข่งขันกีฬา ซึ่งต้องฝึกมาก ๆ ก่อนถึงวันแข่งขัน)

จากหลักการวัดภาคปฏิบัติที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า หลักการวัดภาคปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ ควรมีการกำหนดจุดประสงค์ของการวัดภาคปฏิบัติให้ชัดเจน กำหนดการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ ดำเนินการวัดผลได้อย่างเหมาะสมตามที่กำหนดไว้ และมีเกณฑ์การประเมินผลที่ชัดเจน มีวิธีการตรวจให้คะแนนที่เป็นปรนัยและเที่ยงตรง ตลอดจนผู้วัดหรือผู้ประเมินต้องมีความยุติธรรมในการประเมิน

3. ประเภทของการวัดภาคปฏิบัติ

สุวิมล ว่องวานิช (2547) ได้จำแนกประเภทของการวัดภาคปฏิบัติ ดังนี้

1. การวัดภาคปฏิบัติด้านกระบวนการปฏิบัติงาน (Process) เป็นการวัดโดยการพิจารณาจากขั้นตอนในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ของการดำเนินงานนั้น ๆ หรือไม่ ดังนี้

- 1.1 การทำงานเป็นขั้นตอน
- 1.2 ความคล่องแคล่วในการทำงาน
- 1.3 การเลือกใช้เครื่องมือ (การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมกับงาน/วิธีใช้)
- 1.4 การรักษาความปลอดภัย (การเลือกใช้เครื่องมือและสถานที่)
- 1.5 การเก็บรักษาและทำความสะอาดเครื่องมือและสถานที่
- 1.6 ความสิ้นเปลืองทรัพยากร (แรงงาน/วัสดุอุปกรณ์)

ข้อพึงระวังในการวัดกระบวนการปฏิบัติงานคือ การกำหนดมาตรฐานของการปฏิบัติที่จะต้องคำนึงว่าผู้เรียนย่อมปฏิบัติได้ไม่เหมือนกับผู้ชำนาญการที่มีประสบการณ์ในการปฏิบัติ

2. การวัดภาคปฏิบัติด้านคุณภาพของผลงาน (Product) เป็นการวัดโดยพิจารณาคุณภาพของผลงาน โดยมีการกำหนดเกณฑ์ที่ตกลงร่วมกันระหว่างผู้ประเมิน เนื่องจากเกณฑ์ในการตัดสินใจของผู้ประเมินแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน เพราะมีประสบการณ์ส่วนบุคคลที่แตกต่างกัน และผู้ประเมินจะต้องเป็นผู้ชำนาญการในงานนั้นจริง ๆ มีหลักเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา ดังนี้

2.1 คุณภาพของผลงานที่จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน อาทิ มีความประณีตสวยงาม หรือมีประโยชน์ใช้สอย

2.2 ความเร็วหรืออัตราในการปฏิบัติงาน

ในการวัดผลงานจะพิจารณาตามลักษณะของงานที่ต่างกัน บางงานอาจพิจารณาในภาพรวมแล้วเรียงลำดับคุณภาพในการให้คะแนน แต่บางงานอาจจะต้องพิจารณาในองค์ประกอบย่อยแล้วนำคะแนนมารวมกันที่เป็นการวัดผลที่มีความเป็นอัตนัยมากกว่าการวัดกระบวนการปฏิบัติงาน และแต่ละงานจะมีเกณฑ์ในการประเมินที่ต่างกัน แต่จะต้องมีมาตรฐานที่สามารถยอมรับได้

3. การวัดคุณลักษณะการทำงาน เป็นการพิจารณาคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในการทำงาน คุณธรรม จริยธรรมในการปฏิบัติงาน อาทิ ความรับผิดชอบ ความช่วยเหลือ หรือการแต่งกายที่เหมาะสมในการปฏิบัติ เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2560) ได้แบ่งประเภทของการวัดภาคปฏิบัติไว้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้แบ่ง มีดังนี้

1. แบ่งตามด้านที่ต้องการวัด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 การวัดกระบวนการ (Process) เป็นการวัดที่พิจารณาเฉพาะวิธีทำวิธีปฏิบัติในการทำงานหรือทำกิจกรรมให้สำเร็จ เช่น พิจารณาริธีที่ผู้เรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การใช้เครื่องมือช่างทำเฟอร์นิเจอร์ การตีเทนนิสแบบลูกหลังมือ (Back Hand) การกล่าวสุนทรพจน์ ฯลฯ

1.2 การวัดผลงาน (Product) เป็นการวัดที่พิจารณาเฉพาะผลงานหรือผลผลิต ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการทำงานหรือกิจกรรม เช่น ตัวเฟอร์นิเจอร์ ภาพวาด ดอกไม้ประดิษฐ์ จากฝีมือนักเรียน ฯลฯ

ในบางครั้งจะประเมินทั้งกระบวนการและผลผลิต แต่บางครั้งประเมินเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง เช่น ในการวาดภาพ มักวัดเฉพาะผลงานอย่างเดียว

2. แบ่งตามลักษณะสถานการณ์ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.1 ใช้สถานการณ์จริง (Real Setting) เป็นการวัดผลงานภาคปฏิบัติ โดยใช้สถานการณ์จริง เช่น การฝึกสอน การตรวจคนไข้ การซ่อมมอเตอร์ไซค์ ฯลฯ

2.2 สถานการณ์จำลอง (Simulated Setting) การวัดผลงานภาคปฏิบัติ ในบางเรื่องต้องใช้สถานการณ์จำลอง เพราะถ้าใช้สถานการณ์จริงจะสิ้นเปลืองมาก หรือมีอันตราย หรือไม่สามารถกระทำได้ เช่น การติดตั้งไฟฟ้าในอาคาร การฝึกวิธีปฐมพยาบาล การฝึกดับเพลิง ฯลฯ

3. แบ่งตามสิ่งเร้า แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

3.1 ใช้สิ่งเร้าที่เป็นธรรมชาติ (Natural Stimulus) เป็นการวัดผลงานภาคปฏิบัติ ที่เป็นไปตามธรรมชาติ ผู้วัดไม่ได้เข้าไปยุ่งเกี่ยว เช่น ทักษะทางสังคมของผู้เรียนที่ผู้วัดทำการสังเกต ในสภาพที่เป็นไปตามจริง ไม่ได้กำหนดให้ปฏิบัติ นิยมใช้วัดคุณลักษณะของบุคลิกภาพ นิสัยการทำงาน ความเต็มใจในการปฏิบัติตามกระบวนการที่กำหนดให้ปฏิบัติ เช่น ตามกฎความปลอดภัย เป็นต้น

3.2 ใช้สิ่งเร้าที่จัดขึ้น (Structured Stimulus) เป็นการวัดที่แสดงให้เห็นถึง พฤติกรรมที่ต้องการวัดได้หรือปรากฏให้เห็นเด่นชัด เช่น การให้นักเรียนเตรียมและกล่าวสุนทรพจน์ การทดลองในห้องปฏิบัติการ การอ่านออกเสียง การเล่นดนตรี ฯลฯ วิธีนี้จะลดเวลาการสังเกตลง เพราะไม่ต้องรอให้เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

จากประเภทของการวัดภาคปฏิบัติที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าการปฏิบัติในสถานการณ์จริงจะสามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของผู้ปฏิบัติได้ ดังนั้นจึงใช้การปฏิบัติในสถานการณ์จริงเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เพื่อวัดความสามารถของนักเรียน เป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลอง ซึ่งครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product)

4. วิธีการและเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ

ส. วาสนา ประवालพุกษ์ (2527) ได้กล่าวว่า ในการสอบภาคปฏิบัติมักจะใช้เทคนิคต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การสังเกต (Observation) การสังเกตที่ดีต้องปล่อยให้ผู้ถูกสังเกตอยู่ในสภาพการณ์ปกติ เพื่อจะได้ข้อมูลตามความเป็นจริง การสังเกตอาจจะทำได้โดยผู้สังเกตเข้าไปอยู่ในกลุ่มด้วยเปรียบเสมือนเป็นสมาชิกหนึ่งของกลุ่ม หรือผู้สังเกตอาจจะแอบอยู่ที่อื่น โดยไม่ให้ผู้ถูกสังเกตรู้ตัวก็ได้ ในการสังเกตจะต้องมีการวางแผนว่าสังเกตเมื่อไร อะไรบ้าง ตั้งจุดมุ่งหมายของการสังเกตแต่ละครั้ง นอกจากนั้นจะต้องเตรียมบันทึกข้อมูล โดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น มาตราส่วนประมาณค่า การบันทึกต่าง ๆ แบบสำรวจพฤติกรรม

2. การจัดอันดับ (Ranking) การจัดอันดับเป็นวิธีการที่จะเรียงลำดับนักเรียนในคุณสมบัติหนึ่ง ๆ ตามที่กำหนดให้ ซึ่งสามารถใช้ในการวัดวิธีการหรือผลงานก็ได้ แต่ส่วนใหญ่

จะใช้ในการวัดผลงานมากกว่า การใช้การจัดอันดับจะมีความเชื่อมั่นสูงขึ้น ถ้าจัดอันดับหลายอย่างในคราวเดียวกันจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำลง

3. มาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) มาตรฐานประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่ใช้มากในการประเมินการปฏิบัติ มาตรฐานประมาณค่ามีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้มากที่สุดที่จัดคุณลักษณะต่อเนื่อง ซึ่งจะแบ่งคุณลักษณะนั้นตามระดับสูง-ต่ำ โดยกำหนดเป็น 2 ระดับขึ้นไปจนถึงประมาณ 10 ระดับ ความเชื่อถือได้ของข้อมูลจากมาตรฐานประมาณค่า นอกจากจะขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้สังเกต ความไม่อคติแล้ว ยังขึ้นอยู่กับข้อกำหนดความหมายของคุณสมบัติที่กำลังพิจารณาด้วย จะต้องกำหนดคุณลักษณะให้ชัดเจน และคุณสมบัติย่อยเช่นเดียวกับการจัดอันดับ

4. แบบสำรวจพฤติกรรม (Checklists) แบบสำรวจพฤติกรรมของนักเรียน มีรายการของพฤติกรรมให้ผู้สังเกตบันทึกว่า พฤติกรรมนั้น ๆ เกิดขึ้นหรือไม่ โดยส่วนมากมักจะบอกเพียงว่ามีหรือไม่มี ในการสังเกตการปฏิบัติงานบางครั้งอาจให้ผู้สังเกตบันทึกผลลำดับที่ของการปฏิบัติหรือพฤติกรรมการปฏิบัติตั้งแต่ 1 เป็นต้นไปได้ ซึ่งในลักษณะนี้ก็จะทำให้มองเห็นภาพรวมของการปฏิบัติงานอีกครั้ง

5. แบบบันทึกต่าง ๆ (Record Anecdotal Records) การบันทึกในกลุ่มนี้ มักจะเป็นวิธีการที่ไม่ได้กำหนดรูปแบบไว้อย่างชัดเจนเหมือนวิธีอื่น ๆ ผู้บันทึกค่อนข้างจะมีอิสระในการบันทึกลงไปมากกว่าเครื่องมือชนิดอื่น ๆ การบันทึกเพียงครั้งเดียวอาจไม่สามารถให้ข้อมูลที่มีความหมายมากนัก แต่การบันทึกอย่างต่อเนื่องหลายครั้งจะให้ข้อมูลที่ชัดเจนขึ้น ในการบันทึกผู้สังเกตจะเขียนถึงพฤติกรรม หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเท่านั้นไม่ใส่ความเห็นลงไป ยกเว้นกรณีที่ต้องการให้ใส่ความคิดเห็นแยกในส่วนที่เป็นช่องความคิดเห็น

สุวิมล ว่องวานิช (2547) ได้กำหนดวิธีการทดสอบภาคปฏิบัติออกเป็น 2 ประเภท คือ ใช้การทดสอบ และประเภทอื่นที่ไม่ใช่การทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีการวัดโดยใช้การทดสอบ

1.1 ใช้แบบทดสอบ เป็นแบบทดสอบที่เหมาะสมกับการทดสอบความสามารถในการทำงานของนักเรียนเป็นรายคน แต่มีการบริหารการสอบเป็นกลุ่ม (Group Test) เป็นวิธีการที่ใช้สะดวก เก็บข้อมูลได้เร็ว ไม่เสียเวลา และความเป็นปรนัยค่อนข้างสูง แต่มีข้อเสียคือ มีจุดอ่อนในเรื่องความตรงของเครื่องมือสามารถวัดทักษะการทำงานได้เพียงบางส่วนเท่านั้น เครื่องมือที่เป็นการให้ผู้สอบเขียนตอบสามารถแยกได้ ดังนี้

1.1.1 แบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติ (Test Items) เป็นลักษณะของการสอบภาคปฏิบัติโดยการให้ผู้ถูกทดสอบเขียนตอบ ถือเป็นวิธีการที่ไม่ควรใช้ถ้าไม่จำเป็น เพราะความรู้ที่นักเรียนมีไม่สามารถยืนยันได้แน่นอนว่าเข้าต้องปฏิบัติเป็น

อย่างไรก็ตามในบางวิชาการวัดความรู้ในทางทฤษฎีมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการปฏิบัติ เช่น การวัดความสามารถในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้ข้อสอบเป็นเครื่องทดสอบความรู้ขั้นพื้นฐานก่อนให้นักเรียนปฏิบัติจริงหรือหลังจากมีการปฏิบัติไปแล้ว

1.1.2 แบบทดสอบที่ให้อธิบายกระบวนการทำงานหรือแก้ปัญหา (Practical Examination) เป็นข้อสอบประเภทหนึ่งที่ใช้วัดทักษะการปฏิบัติ มีความแตกต่างจากข้อสอบที่เรียกว่า Test Items ตรงที่เนื้อหาที่ถามเน้นให้นักเรียนอธิบายประสบการณ์หรือวิธีการปฏิบัติงานที่เน้นการวัดกระบวนการทำงาน

ในบางวิชาการวัดความรู้ทางทฤษฎีมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการปฏิบัติ เช่น การวัดความสามารถทางการทดลองทางวิทยาศาสตร์ อาจใช้ข้อสอบเป็นเครื่องมือสอบความรู้ขั้นพื้นฐานก่อนให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง หรือหลังจากมีการปฏิบัติไปแล้ว ไม่ควรถือเป็นคะแนนที่มีความสำคัญในการบ่งชี้คุณภาพของการทำงาน

1.2 ใช้แบบทดสอบปากเปล่า การสอบปากเปล่าเป็นวิธีหนึ่งในการวัดความสามารถของนักเรียนในการปฏิบัติงานโดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับกระบวนการ แต่วิธีการดังกล่าวไม่ค่อยสะดวกในการนำไปใช้ เพราะสิ้นเปลืองเวลาในการทดสอบมาก ต้องทดสอบมาก ต้องทดสอบนักเรียนทีละคน ถ้าเปรียบเทียบการสอบปากเปล่ากับการสอบด้วยข้อเขียน จะพบว่า การสอบปากเปล่านั้นมีความเป็นปรนัยน้อยกว่า เพราะเข้าสอบได้ที่ละคน คำถามแต่ละครั้งอาจมีความแตกต่างกัน การเตรียมตัวของผู้เข้าสอบก็ไม่เหมือนกัน คนสอบทีหลังมีโอกาสได้เตรียมมากกว่าโดยดูแนวคำถามจากคนสอบก่อน การใช้การสอบปากเปล่าจึงอาจเป็นยุทธวิธีที่ช่วยกระตุ้นนักเรียนให้ตั้งใจปฏิบัติงานและทำด้วยตนเอง

2. วิธีการวัดประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การทดสอบ

2.1 ใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยการบันทึกข้อมูลในแบบตรวจสอบรายการกิจกรรม และพฤติกรรมในการปฏิบัติงานว่า รายการใดมี รายการใดไม่มี รายการใดมีมาก รายการใดมีน้อย แบบสำรวจรายการนี้มักใช้กับกิจกรรมของงานที่มีลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติ เช่น การทดสอบทางวิทยาศาสตร์ การประกอบอุปกรณ์จากชิ้นส่วนของวัสดุตามที่กำหนดให้ ซึ่งมีลำดับขั้นตอนชัดเจน การสำรวจว่า ใช่-ไม่ใช่ ถูก-ไม่ถูก จะแสดงถึงการปฏิบัติงานว่า ทำได้-ทำไม่ได้ ตามขั้นตอนหรือตามรายการงานที่กำหนด การใช้แบบสำรวจรายการในการวัดกระบวนการเน้นการวัดความครบถ้วนของงานมากกว่าจะวัดคุณภาพของงาน

2.2 ใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) เป็นเครื่องมือวัดทักษะการปฏิบัติ ทั้งด้านการวัดกระบวนการและผลงาน มาตราส่วนประมาณค่ามีหลายลักษณะ ดังนี้

2.2.1 มาตรฐานประมาณค่าแบบตัวเลข (Numerical rating scale)

มาตรฐานแบบนี้จะใช้ตัวเลขแสดงความหมายของระดับคุณภาพ

2.2.2 มาตรฐานประมาณค่าแบบภาษา (Graphic rating scale) มีลักษณะ

คล้ายกับมาตรฐานประมาณค่าแบบตัวเลข แต่ต่างตรงที่ใช้คำที่แสดงระดับคุณภาพแทนตัวเลข คำที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นคำคุณศัพท์ เช่น มาก-ปานกลาง-น้อย ใช้-ไม่ใช่-ไม่แน่ใจ

2.2.3 การประมาณค่าโดยการจัดอันดับ มีหลักการว่าคุณลักษณะ

หรือคุณภาพของงานที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้น มีความดีงามในปริมาณที่ไม่เท่าเทียมกัน มีข้อแตกต่างยิ่งหย่อนกว่ากันอยู่เสมอ ข้อแตกต่างเหล่านี้สามารถเรียงอันดับได้จากคุณภาพดีที่สุุดไปจนถึงคุณภาพด้อยที่สุด จากนั้นก็สามารใช้หลักสถิติแปลงเป็นคะแนนได้

2.3 ใช้แบบการสังเกต (Observation) การสังเกตคือ การเฝ้าดูสิ่งที่เกิดขึ้น

หรือปรากฏการณ์อย่างเอาใจใส่และกำหนดไว้อย่างมีระเบียบวิธี เพื่อวิเคราะห์หรือหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่เกิดขึ้นนั้น ๆ กับบริบทรอบข้าง เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจต้องอาศัยการฝึกฝนและประสบการณ์วิธีการสังเกตอย่างเป็นระบบ วัตถุประสงค์ของการสังเกตก็คือเพื่อเข้าใจลักษณะทางธรรมชาติ และขอบเขตของความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของปรากฏการณ์ทางสังคมและพฤติกรรมของบุคคลที่เป็นสมาชิกส่วนหนึ่งของสังคม การสังเกตยังเป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการรวบรวมข้อมูล โดยใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ทำหน้าที่ในการสังเกต

จตุภูมิ เขตจัตุรัส (2560) ได้กำหนดวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดภาคปฏิบัติ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การทดสอบ เป็นการที่ใช้แบบทดสอบชนิดที่ให้นักเรียนสร้างคำตอบหรือผลิตผลงานที่เป็นการวัดทักษะการเขียน เช่น ข้อสอบอัตนัยชนิดเขียนตอบ ข้อสอบที่วัดการคิดขั้นสูง ชนิดเป็นสถานการณ์ ซึ่งจะมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค เพื่อวัดระดับความสามารถในการเขียนและการคิด

2. การสังเกตและจดบันทึก เป็นการสังเกตก่อนแล้วจดบันทึกเหตุการณ์ย่อย การจดบันทึกควรบันทึกให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ บันทึกเหตุการณ์ที่มีความหมาย มีสารสนเทศเพียงพอที่จะทำความเข้าใจได้ในภายหลัง การปฏิบัติที่จำเป็นต้องใช้การสังเกตและจดบันทึกอย่างรวดเร็ว เช่น การเล่นเกม การว่ายน้ำ การทำอาหาร การสอนของครูในชั้นเรียน ฯลฯ รายการปฏิบัติในแต่ละขั้นตอนเป็นอย่างไรต้องบันทึกไว้

3. การตรวจสอบรายการปฏิบัติ (Checklist) เป็นการที่ใช้แบบตรวจสอบรายการจากพฤติกรรมหรือลักษณะที่บ่งชี้ทักษะหรือผลการปฏิบัติสำคัญที่ต้องการวัด/ทดสอบ เพื่อให้ผู้ประเมินระบุว่าพฤติกรรมหรือลักษณะนั้น ๆ เกิดขึ้นหรือไม่ เช่น การพิมพ์ดีด การนำเสนอรายงาน

การอ่านทำนองเสนาะ การขับรถยนต์ ฯลฯ ข้อดีของวิธีนี้คือ สร้างง่าย ง่ายต่อการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดที่ไม่ได้แสดงระดับที่ชัดเจนของคุณภาพหรือความสมบูรณ์ของพฤติกรรมหรือลักษณะของทักษะที่ต้องการประเมิน จึงเหมาะกับทักษะการปฏิบัติที่มีข้อรายการหรือขั้นตอนการปฏิบัติที่ชัดเจนตายตัว เหมาะกับการนำไปใช้กับผู้รับการประเมินที่มีช่วงอายุน้อย เช่น นักเรียนอนุบาล ประถมศึกษา ที่ไม่จำเป็นต้องมีพฤติกรรมที่ซับซ้อนมากนัก

4. การประเมินตามมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) เป็นการใช้อนุกรมประมาณค่าในการระบุระดับคุณภาพหรือความสมบูรณ์ของทักษะหรือผลการปฏิบัตินั้น ๆ ของผู้รับการประเมินว่าอยู่ในระดับใด ข้อดีของวิธีนี้คือ ใช้เวลาสร้างไม่นาน มีการกำหนดระดับคุณภาพที่ละเอียดกว่าแบบตรวจสอบรายการ แต่มีข้อจำกัดคือ แต่ละระดับไม่มีการกำหนดคำบรรยายพฤติกรรมหรือลักษณะของทักษะที่ประเมินทำให้ขาดความเป็นปรนัย และขาดความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินได้

5. การประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค (Scoring rubric) เป็นการกำหนดแนวทางการให้คะแนนผลงาน ทักษะ กระบวนการปฏิบัติงาน ถือเป็นเครื่องมือสำคัญของการวัดภาคปฏิบัติ เกณฑ์การให้คะแนนจะเป็นแนวทางของผู้สอนในการให้คะแนน โดยเกณฑ์ที่ผู้สอนพัฒนาขึ้นจะสัมพันธ์เชื่อมโยงกับจุดประสงค์การเรียนการสอนที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละวิชา ผลของการให้คะแนนตามเกณฑ์การประเมินที่ผู้สอนพัฒนาขึ้นจึงเป็นเครื่องยืนยันคุณภาพของผู้เรียนตามมาตรฐาน และนอกจากเกณฑ์การให้คะแนนจะเป็นเครื่องมือในการประเมินแล้ว ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสอนอีกด้วย เพราะเกณฑ์เปรียบเสมือนเป้าหมายในการเรียนที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้ และทำให้ผู้สอนและบุคคลที่เกี่ยวข้องรู้ว่าผู้เรียนทำอะไรได้บ้าง และรู้อะไรบ้าง

จากวิธีการและเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติข้างต้นสรุปได้ว่า วิธีการวัดภาคปฏิบัตินั้นมีทั้งวิธีการวัดที่ใช้การทดสอบด้วยแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับการปฏิบัติ หรืออธิบายกระบวนการทำงานหรือแก้ปัญหา และวิธีการวัดประเภทอื่น ๆ ที่ไม่ใช่การทดสอบ โดยใช้แบบสำรวจรายการ มาตรฐานประมาณค่า แบบการสังเกต หรือการประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการประเมินตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค สร้างเป็นแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เพื่อวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติทดลองและการรายงานผลการทดลอง ซึ่งครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product)

5. การวัดภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์

5.1 ความสำคัญของภาคปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ (2550) ได้กล่าวว่า การใช้การปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นที่ยอมรับว่ามีประโยชน์และมีความสำคัญต่อการเสริมสร้างพัฒนาการ

ด้านต่าง ๆ ของนักเรียน และเป็นสิ่งที่สามารถนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตจริงมากกว่าตัวความรู้
วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ด้านสติปัญญาความรู้-ความคิด

1. ส่งเสริมการพัฒนาสติปัญญา
2. ช่วยการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย
3. ช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา
4. ช่วยพัฒนาความคิดริเริ่ม ความสามารถในการสร้างคำอธิบาย

การหาความสอดคล้องเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานกับเนื้อหาสาระ

5. เพิ่มความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

ด้านการพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์

6. พัฒนาทักษะในการทำการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์

การออกแบบวางแผน การสังเกต การเก็บข้อมูล การใช้เครื่องมือ

7. พัฒนาทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูล
8. พัฒนาทักษะการสื่อสาร
9. ทักษะในการทำงานร่วมกันเป็นทีม

ด้านเจตคติ

10. ช่วยเสริมสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude toward science)

และเจตคติหรือคุณลักษณะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitudes หรือ scientific traits)

11. ส่งเสริมการรู้จักศักยภาพของตนให้รับรู้ว่าตัวผู้เรียนเองมีความสามารถ
ที่จะเรียนรู้และเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้ และรู้ว่าการทำงานของตนสามารถส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ได้ทั้งทางบวกและทางลบ

12. ทำให้บทเรียนมีชีวิตที่วามไม่แห้งแล้งหรือน่าเบื่อ

5.2 การใช้ภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์

สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ (2550) ได้จำแนกการเรียนภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์
ตามลักษณะของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องเรียน ได้แก่

1. การทำปฏิบัติการในลักษณะเป็นงานประจำ (Routine Laboratory Work)

เป็นการปฏิบัติการทดลองตามบทเรียนปกติ เป็นงานที่นักเรียนทำตามที่ครูมอบหมายโดยไม่ให้เป็น
ผู้ดำเนินการสำรวจหาความรู้จนครบกระบวนการ เพราะส่วนมากนักเรียนยังไม่ได้เป็นผู้ระบุปัญหา
และออกแบบการสำรวจเอง แต่สิ่งเหล่านี้มีอยู่แล้วในหนังสือหรือครูเป็นผู้จัดไว้ให้ รวมทั้งมีวิธี
การทดลองไว้ให้ด้วย หน้าที่ของนักเรียนคือค้นหาคำตอบจากการทดสอบหรือโดยการสังเกต
เก็บข้อมูล หรือบางครั้งนักเรียนก็ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทราบสิ่งที่ถูกบอกไว้แล้วเท่านั้น ทั้งนี้ปัญหา

และการออกแบบหรือวิธีการทำการทดลองเพื่อสำรวจตรวจสอบได้ถูกกำหนดไว้แล้ว ผู้เรียนเพียงทำการทดลองเพื่อดูผลการทดลองว่าจะเกิดอะไรขึ้น เป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ เรียกการปฏิบัติแบบนี้ว่า “การปฏิบัติการ” หรือ “การทดลอง” ซึ่งกิจกรรมการทดลองมีความสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นการฝึกทักษะการลงมือทำงานทางวิทยาศาสตร์หรือทักษะปฏิบัติการ (Manipulative skills) สร้างความรู้สึที่ดี ความชอบ ความพอใจต่อวิทยาศาสตร์

2. การแก้ปัญหาภาคปฏิบัติ เป็นการใช้ภาคปฏิบัติเพื่อการสำรวจหาความรู้หรือการแก้ปัญหา (Practical Task for investigation/Problem solving) หมายถึง การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ดำเนินการ หรือมีส่วนโดยตรงในกิจกรรมการเรียน ในกระบวนการเรียน เพื่อสำรวจตรวจสอบหาความรู้ (Exploration หรือ Investigation) หรือในกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนอาจเป็นผู้กระทำทั้งหมดหรือบางส่วนก็ได้ เป็นผู้ระบุ/ตั้งปัญหาที่จะศึกษา ออกแบบการสำรวจตรวจสอบ การเก็บข้อมูล จนได้เป็นสาระความรู้ ซึ่งทั้งนี้การแก้ปัญหาภาคปฏิบัติจะรวมถึงการทำโครงการ การทำงานวิจัยเล็ก ๆ เพื่อศึกษาตัวแปรบางตัว กิจกรรมประเภทสำรวจตรวจสอบเพื่อเก็บข้อมูลและตอบคำถามบางอย่าง

5.3 วิธีการประเมินผลปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ภพ เลหาไพบุลย์ (2540) ได้กล่าวถึงการวัดพฤติกรรมการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ว่า กิจกรรมปฏิบัติการและการทดลองวิทยาศาสตร์ เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอนในการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ทุกสาขา จึงไม่ควรประเมินผลพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิดเท่านั้น แต่ควรประเมินผลพฤติกรรมด้านปฏิบัติการด้วย เช่น ความสามารถในการใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การสังเกต การบันทึก การสื่อความหมาย และการรายงานผล เป็นต้น วิธีการประเมินผลพฤติกรรมด้านปฏิบัติการอาจทำได้ ดังนี้

1. การสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการ ควรสังเกตพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ทักษะปฏิบัติการ เป็นการประเมินความสามารถของนักเรียนในด้านเทคนิคการทดลอง การดำเนินการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความมีระเบียบในการทดลอง

1.1.1 เทคนิคการทดลอง หมายถึง นักเรียนสามารถใช้วัสดุอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ได้ถูกต้อง มีความปลอดภัย

1.1.2 การดำเนินการทดลอง หมายถึง นักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองแต่ละขั้นตอนถูกต้องตามวิธีการ

1.1.3 ความคล่องแคล่ว หมายถึง นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมการทดลองด้วยความว่องไว มีความมั่นใจในการปฏิบัติงาน

1.1.4 ความมีระเบียบ หมายถึง นักเรียนทำงานเป็นระเบียบเรียบร้อย ติดตั้งเครื่องมือเรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่เรียบร้อย โต้ะปฏิบัติการสะอาดเรียบร้อย

1.2 การสังเกตผลการทดลอง เป็นการสังเกตวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ และผลการทดลองขณะที่นักเรียนเก็บข้อมูลบันทึกผล

1.3 การแก้ปัญหาเป็นการประเมินผลความสามารถในการแก้ปัญหา ในภาคปฏิบัติ การแก้ไขปรับปรุงวิธีการหรือปัญหาต่าง ๆ ที่พบได้อย่างเหมาะสม

2. การตรวจจากรายงานผลการปฏิบัติการ ควรตรวจรายงานผลการปฏิบัติการ ต่าง ๆ ดังนี้

2.1 การสังเกตและจดบันทึก หมายถึง การสังเกตครบถ้วนตามที่ควรจะ สังเกตในการปฏิบัติการหนึ่ง ๆ ซึ่งดูได้จากการบันทึกผลการสังเกต

2.2 ภาษาที่ใช้บันทึก หมายถึง การใช้ภาษาได้สละสลวย รัดกุม และสื่อความหมายได้ดี

2.3 การจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการจัด กระทำและนำเสนอข้อมูลโดยนำตัวเลขจากการบันทึกผลการทดลองมาคำนวณ นำเสนอในตาราง เขียนกราฟ เขียนแผนภาพได้ถูกต้องเหมาะสม

2.4 การแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมายของข้อมูลและสรุปได้รัดกุม สมเหตุสมผล

2.5 ความถูกต้องของผลการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการทดลอง และได้ค่าผลการทดลองถูกต้องตามหลักการ โดยผิดพลาดไม่เกิน 5-10 %

3. การสอบภาคปฏิบัติ

การวัดพฤติกรรมด้านปฏิบัติการอีกแบบหนึ่งอาจใช้วิธีจัดให้มีการสอบ ภาคปฏิบัติในการสอบภาคปฏิบัติ ครูอาจเลือกกิจกรรมและการทดลองที่นักเรียนเคยทำการทดลอง แล้วในชั้นเรียน หรือครูอาจกำหนดการทดลองใหม่ ซึ่งนักเรียนไม่เคยทำการทดลองมาก่อน เพื่อนำมาแก้ปัญหานั้น สังเกตว่านักเรียนจะสามารถออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และได้ผลการทดลองถูกต้องเพียงใด ในกรณีที่ครูเลือกกิจกรรมและการทดลองที่นักเรียนเคยทำการ ทดลองแล้วในชั้นเรียน โดยเลือกกิจกรรมหรือการทดลองที่ใช้เวลาในการทำปฏิบัติการใกล้เคียงกัน มีความยากง่ายใกล้เคียงกันมาจำนวนหนึ่ง แล้วแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 2 คน ให้นักเรียน ช่วยกันทำการทดลอง 2 คน หรือบางกิจกรรมอาจให้ทำคนเดียวก็ได้ เพื่อความยุติธรรมครูอาจให้ นักเรียนจับฉลากว่าจะได้สอบปฏิบัติการทดลองเรื่องอะไร ได้ทำการทดลองกับผู้ใดหรือได้ทำคนเดียว โดยวิธีการนี้ครูสามารถจัดสอบปฏิบัตินักเรียนทั้งห้องเรียนในเวลาเดียวกันได้ ซึ่งอาจจัดสอบปฏิบัติใน คาบสุดท้ายของการสอนปกติตอนปลายภาคเรียน และให้นักเรียนทำการทดลองให้แล้วเสร็จ

พร้อมทั้งเขียนรายงานให้แล้วเสร็จส่งในเวลาที่กำหนดให้ในการสอบ กรรมการในการสอบปฏิบัติ ควรต้องมี 2-3 คน เพื่อจะได้ช่วยสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน ส่วนในกรณีที่ครูกำหนดการทดลองใหม่ ซึ่งนักเรียนไม่เคยทำการทดลองมาก่อน ครูอาจกำหนดการทดลองใหม่เพียงการทดลองเดียว แต่จัดเครื่องมืออุปกรณ์ไว้หลายชุดให้เพียงพอกับจำนวนกลุ่มของนักเรียน ซึ่งถ้าเป็นไปได้ก็ควรจัดให้นักเรียนสอบคราวละ 15 คนก็ได้ จึงทำให้ต้องมีการสอบหลายรอบ เมื่อเป็นเช่นนี้ครูต้องระวังไม่ให้นักเรียนที่สอบก่อนไปบอกเล่าให้เพื่อนนักเรียนที่สอบรอบหลัง ๆ ได้รับทราบ ผู้เข้าสอบรอบหลังๆ ก็จะได้เปรียบในแง่ที่ว่ารู้วิธีการทดลองและอาจรู้ผลการทดลองอย่างหายาบ ๆ ไว้ล่วงหน้าอีกด้วย ซึ่งจะสามารถทำการทดลองได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ (2550) ได้กล่าวถึงการประเมินผลทักษะการปฏิบัติการ (Routine Laboratory Work) ไว้ว่า โดยปกติมักไม่ได้ทำกันเพราะอ้างว่าทำยากหรือไม่รู้ว่าจะประเมินได้อย่างไร เรื่องนี้ Kempa และคณะ ได้เสนอเกณฑ์การประเมินผลทักษะปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถประเมินได้ชัดเจนและปฏิบัติได้ง่ายขึ้น หัวข้อการประเมินทักษะปฏิบัติการออกเป็น ส่วน ๆ ได้ถูกดัดแปลงเพื่อให้ใช้ได้กับการเรียนการสอนของประเทศไทย (Klainin and others, 1989) ได้เสนอส่วนประกอบและเกณฑ์ในการประเมินทักษะไว้ 4 ด้านด้วยกัน ได้แก่

1. เทคนิควิธีการทดลอง (Experimental techniques)
2. กระบวนการทดลอง (Procedure)
3. ความคล่องในการปฏิบัติงาน (Dexterity)
4. ความเป็นระเบียบในการทำงาน (Neatness)

ซึ่งเกณฑ์มาตรฐานที่ถือว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลองที่มีคุณภาพในแต่ละด้านนั้นและสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดในการประเมิน สรุปได้ดังตาราง 1

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 1 แสดงส่วนประกอบหรือเกณฑ์การประเมินของทักษะปฏิบัติการ และนิยามของเกณฑ์มาตรฐานที่เป็นตัวชี้วัด

ส่วนประกอบ/ด้านต่าง ๆ ของทักษะปฏิบัติการ	นิยาม-เกณฑ์มาตรฐานที่เป็นตัวชี้วัด
เทคนิควิธีการทดลอง (Experimental techniques)	- การจับถือ ใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ (เช่น เครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุ สารเคมี) อย่างถูกต้องเหมาะสมและถูกวิธีการทดลอง - สามารถทำการทดลองเป็นไปตามขั้นตอน อย่างถูกต้อง ซึ่งดูแล้วมั่นใจว่าจะให้ผลการ ทดลองที่คาดหวังได้
กระบวนการทดลองหรือการดำเนินวิธีการ ทดลอง (Procedure)	- ออกแบบ วางแผน การทดลองหรือทำการ ทดลองตามคู่มือที่กำหนดให้และดำเนินการ ตามขั้นตอนที่เหมาะสม
ความคล่อง (Dexterity)	- ทำงานด้วยความรวดเร็ว ดำเนินงานด้วย ความมั่นใจ (และถูกต้อง) ทุกขั้นตอน
ความเป็นระเบียบ (Neatness)	- ทำงานด้วยความเรียบร้อย มีระเบียบในการ ทำงาน วางขั้นตอนการหยิบจับอุปกรณ์ด้วย ความราบรื่น หยิบของใช้ได้สะดวก - รักษาพื้นที่การทำงานให้เป็นระเบียบ เรียบร้อยไม่เกะกะรุงรัง

จากการวัดภาคปฏิบัติในวิชาวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า การวัดภาคปฏิบัติในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ อาจทำได้โดยการสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลอง การตรวจจากรายงานผลการปฏิบัติการทดลอง และการสอบภาคปฏิบัติ ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของภพ เลหาไพบุลย์ และสุนีย์ คล้ายนิลมาเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เพื่อวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองทางฟิสิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกต ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอ ข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลองของนักเรียน

5.4 ข้อควรระวังในการประเมินผลการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ (2550) แม้ว่าการประเมินผลการปฏิบัติการจะเป็นสิ่งที่พึงกระทำ เพราะจะทำให้ได้ทราบความรู้และทักษะของนักเรียนตามเจตนารมณ์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ แต่การประเมินผลการปฏิบัติการก็มีจุดอ่อนที่ต้องคำนึงอยู่มาก ผู้ปฏิบัติจึงต้องพยายามแก้จุดอ่อนเหล่านั้นเสียก่อน จุดอ่อนที่พบมาก ได้แก่

1. ผู้ประเมินในแต่ละคนใช้เกณฑ์ในการประเมินไม่ตรงกัน
2. การสอบปฏิบัติการจะจำกัดอยู่เฉพาะการทดลองหรือกิจกรรมที่ทำได้ในเวลาที่กำหนดเท่านั้น
3. การสอบทำบ่อย ๆ ไม่ได้ เพราะทำได้ยาก มีโอกาสทำได้น้อยครั้ง และเลือกกิจกรรมได้ไม่มาก โอกาสจะสอบข้อเดิมจึงเป็นไปได้สูง
4. การสอบที่ต้องสอบนักเรียนจำนวนมาก ผู้ประเมินไม่สามารถจะจับตาศึกษาคนใดคนหนึ่งได้นาน ๆ และไม่มีสมาธิหรือเวลามากพอจะทำเช่นนั้น แต่จะสอบนักเรียนน้อยคนและสอบบ่อย ๆ ก็ทำไม่ได้ เพราะการเตรียมการจัดสอบที่ยุ่งยากและเวลาที่เป็นข้อกำหนด

6. การสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ

บุญชม ศรีสะอาด (2543) ได้เสนอวิธีการดำเนินการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์งานและเลือกงานที่เป็นตัวแทน
3. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความครอบคลุมของงานที่เป็นตัวแทนตามหลักสูตร
4. เขียนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างงานกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
6. เขียนแบบทดสอบภาคปฏิบัติ
7. กำหนดสัดส่วนของคะแนนและเกณฑ์การให้คะแนนในการปฏิบัติงาน
8. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรง สัดส่วนของคะแนนและความเป็นปรนัยของเกณฑ์ในการให้คะแนน

9. จัดพิมพ์แบบทดสอบ

10. ทดสอบครั้งที่ 1

11. วิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาคุณภาพ

12. ทดสอบครั้งที่ 2

13. วิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาคุณภาพ

14. จัดทำคู่มือดำเนินการสอบ และจัดพิมพ์แบบทดสอบเป็นรูปเล่ม

สุวิมล ว่องวานิช (2547) กล่าวถึงแนวทางดำเนินการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ ดังนี้

1. การวางแผนการสร้างเครื่องมือ

1.1 ศึกษาหลักสูตร และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของรายวิชาว่า

มีความครอบคลุมเนื้อหาสาระ/พฤติกรรมใด โดยเฉพาะวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุให้แสดงผลงานในแต่ละรายวิชา

1.2 ศึกษาธรรมชาติของงานที่ให้ปฏิบัติ โดยที่งานแต่ละลักษณะจะมีธรรมชาติ

แตกต่างกันไป

1.3 วิเคราะห์คุณลักษณะของพฤติกรรมที่ต้องการวัด เป็นการวิเคราะห์งาน

เพื่อรับทราบตัวบ่งชี้กิจกรรมที่ผู้เรียนจะต้องปฏิบัติในการวัดกระบวนการ รวมทั้งคุณลักษณะนิสัยในการทำงานนั้น ๆ ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในศาสตร์นั้น ๆ สรุปได้ว่าการวิเคราะห์ขั้นตอนนี้จะได้ข้อมูลเกี่ยวกับ 1) กิจกรรมที่ผู้ปฏิบัติจะต้องทำ และ 2) ลำดับขั้นตอนการทำงาน

1.4 กำหนดน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่วัด เป็นการกำหนดความสำคัญของคุณลักษณะที่ต้องการวัดในขั้นตอนต่าง ๆ ของการปฏิบัติงานว่าในการปฏิบัติในขั้นตอนใดมีความสำคัญมากหรือน้อยที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดความชัดเจนในผลการประเมินที่ได้รับสอดคล้องกับการปฏิบัติงานนั้น ๆ อาทิ ในระดับประถมศึกษา ครูผู้สอนจะต้องจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ให้แก่ผู้เรียน ดังนั้นในการเตรียมงานอาจไม่มีการให้คะแนน แต่ในระดับมัธยมศึกษาผู้เรียนจะต้องจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ด้วยตนเอง ดังนั้นจะต้องมีการกำหนดน้ำหนักการให้คะแนนในส่วนนี้อย่างชัดเจน

2. การดำเนินการสร้างเครื่องมือ

2.1 กำหนดวิธีการวัดการปฏิบัติ จำแนกเป็นการให้ปฏิบัติงานในสถานการณ์จริง

กับการให้ปฏิบัติงานในสถานการณ์จำลอง แต่ถ้าในกรณีที่งานมีความเสี่ยงสูงหรือไม่สามารถดำเนินการดูแลได้อย่างทั่วถึงให้ใช้การทดสอบ (Practical Examination) หรือการสอบปากเปล่า (Oral Examination) แต่จะต้องระมัดระวังว่าผู้เรียนที่เขียนหรืออธิบายได้ดี ไม่ได้เป็นสิ่งที่ยืนยันว่าจะปฏิบัติงานได้ดีเสมอ หรือถ้าในการปฏิบัติบางกรณีที่ไม่เน้นวัดกระบวนการปฏิบัติอาจจะให้ผู้เรียนได้ส่งผลงานมาให้พิจารณาตัดสินก็ได้

2.2 กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวัด จำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.2.1 ประเภทไม่ใช้การทดสอบ จะใช้วิธีการสังเกตกระบวนการปฏิบัติทำงานของผู้เรียน หรือการวัดคุณภาพของงาน โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ แบบประมาณค่า และแบบบันทึกพฤติกรรม เป็นต้น

2.2.2 ประเภทใช้การทดสอบ เป็นการใช้การทดสอบข้อเขียนสำหรับความรู้ที่เกี่ยวกับขั้นตอนของกระบวนการปฏิบัติงานก่อนปฏิบัติงานในสถานการณ์จริง หรือการสอบปากเปล่าสำหรับใช้ในกรณีที่ผู้สอนไม่สามารถไปเก็บข้อมูลในสถานการณ์จริงได้อย่างครบถ้วน เพื่อให้อธิบายในงานที่ปฏิบัติว่าทำอะไร และมีการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานหรือไม่อย่างไร

2.2.3 กำหนดเนื้อหา ในการกำหนดเนื้อหาจะต้องกำหนดจากงานที่ปฏิบัติ หรือที่ผู้อื่นได้ดำเนินการแล้วในงานที่มีคุณลักษณะเดียวกัน โดยที่จะเน้นความครอบคลุม และการกระจายน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ได้กำหนดไว้อย่างครบถ้วน ทั้งในกระบวนการปฏิบัติหรือผลงาน

2.2.4 กำหนดวิธีการตรวจให้คะแนน เนื่องจากการให้คะแนนจากการวัดการปฏิบัติมีความเป็นปรนัยค่อนข้างน้อย ดังนั้นในการตรวจให้คะแนนจะต้องกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน

2.2.5 สร้างคู่มือการใช้เครื่องมือ เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการนำเครื่องมือไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในคู่มือจะประกอบด้วย สถานการณ์ที่ต้องดำเนินการจัดเตรียม การบริหารการทดสอบ การตรวจให้คะแนนและการแปลความหมายของคะแนน

3. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.1 ทดลองใช้เครื่องมือ เพื่อปรับปรุง แก้ไข หลังจากสร้างเครื่องมือแล้ว จะต้องมีการนำไปทดลองใช้ อาทิ การตรวจสอบความครอบคลุมหรือความเข้าใจในพฤติกรรมคุณลักษณะที่ต้องการวัดแล้วนำผลไปปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

3.2 วิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ เป็นการนำเครื่องมือที่มีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่งไปทดสอบในสถานการณ์จริง เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการวัดหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) ความเที่ยงตรงเชิงจำแนก ความเชื่อมั่นจากการทดสอบซ้ำ (Test-retest) หรือความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เป็นต้น

4. การตัดสินผลการวัดทักษะการปฏิบัติงาน

ในการวัดการปฏิบัติงานได้จำแนกวิธีการประเมินผลการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

4.1 การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม โดยการจัดทำคะแนนปกติวิสัย (Norm)

4.2 การประเมินผลอิงเกณฑ์ โดยการกำหนดจุดตัดของเกณฑ์ (Cut of Score) การพิจารณาสำหรับกลุ่มที่มีทักษะและไม่มีทักษะการปฏิบัติ

4.3 การประเมินผลอิงผู้ปฏิบัติ โดยเน้นพัฒนาการของผู้ปฏิบัติ ซึ่งอาจกำหนดเป็นอัตราการเจริญเติบโต (Growth Rate) ใช้เป็นร้อยละเพื่อเปรียบเทียบผลการปฏิบัติระหว่างช่วงแรกกับช่วงหลัง

สมนึก ภัททิยธนี (2560) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลงานภาคปฏิบัติไว้ ดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์งานและเขียนรายการ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1.1 วิเคราะห์งานหรือเลือกงานที่เป็นตัวแทน โดยวิเคราะห์จุดมุ่งหมายที่ระบุไว้ในหลักสูตร (ถ้ามี) และรายละเอียดของงานที่มุ่งให้นักเรียนฝึก เพื่อค้นหาทักษะและความสามารถที่เกี่ยวข้องในกิจกรรมนั้น และเนื่องจากการวัดผลงานภาคปฏิบัติต้องใช้ในการสังเกต ดังนั้น ทักษะที่มุ่งวัดควรเป็นสิ่งที่มองเห็นได้ในขณะทำการวัด และควรเป็นทักษะที่ยาก ๆ มากกว่าทักษะปฏิบัติเป็นกิจวัตร ทั้งนี้ควรคำนึงถึงข้อจำกัดเรื่องเวลาและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการสอบวัดด้วย

1.2 กำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานที่จะวัด โดยทั่วไปจะประกอบด้วย ขั้นตอนเตรียมงาน ขั้นตอนปฏิบัติงาน ผลงาน และ/หรือ วัดเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติด้วย

1.3 เขียนข้อรายการ จะระบุรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน เช่น ขั้นตอนเตรียมงาน ใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง ขั้นตอนปฏิบัติงานทำอะไรบ้าง ขั้นตอนผลงานจะพิจารณาอะไรบ้าง

1.4 ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลทำให้การปฏิบัติงานนั้นมีคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้เข้าสอบวัดทุกคน

1.5 จัดรูปแบบเครื่องมือ คือ เลือกลักษณะของแบบวัดว่าแต่ละตอนจะมีลักษณะอย่างไร

2. กำหนดน้ำหนักคะแนน อาจทำเป็น 2 ขั้นตอน คือ

2.1 กำหนดคะแนนสำหรับแต่ละส่วน เช่น

การเตรียมงาน 20 คะแนน

การปฏิบัติงาน 40 คะแนน

เวลา 10 คะแนน

ผลงาน 30 คะแนน

รวม 00 คะแนน

2.2 กำหนดน้ำหนักสำหรับแต่ละข้อรายการ โดยให้น้ำหนักของทุก ๆ ข้อ ในขั้นตอนหนึ่ง ๆ รวมกันเท่ากับอัตราส่วนคะแนนในขั้น 2.1 และเพื่อความสะดวกในการวัด จึงควรให้คะแนนแต่ละรายการเท่า ๆ กัน

3. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ต้องกำหนดเกณฑ์การตรวจสอบพฤติกรรมในการปฏิบัติหรือคุณลักษณะของงานในลักษณะที่มองเห็นได้ หรือสัมผัสได้ โดยเฉพาะเกณฑ์การผ่านผลงานภาคปฏิบัติเรื่องนั้น (ควรใช้เกณฑ์ 60%-80%) ส่วนเกณฑ์การผ่านในแต่ละขั้นตอนอาจจะมีด้วยตามความเหมาะสม

4. จัดรูปแบบเครื่องมือ คือ เรียบเรียงข้อรายการต่าง ๆ ตามขั้นตอน กำหนดเกณฑ์กำหนดคะแนนและ/หรือน้ำหนักเข้าเป็นหมวดหมู่ จัดรูปแบบให้สะดวกในการใช้

จากวิธีการสร้างเครื่องมือที่กล่าวมา ผู้วิจัยนำเทคนิคของนักการศึกษาดังกล่าวเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. วิเคราะห์งานและเลือกงานที่เป็นตัวแทน
3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน
4. เขียนแบบวัดภาคปฏิบัติและระบุเกณฑ์การให้คะแนน
5. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบวัดภาคปฏิบัติ
6. สร้างแบบวัดภาคปฏิบัติและทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1
7. จัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติและทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2
8. วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน และความเชื่อมั่นของแบบวัดเพื่อปรับปรุงแก้ไข
9. จัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติและใช้ในการทดสอบ
10. วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ค่าอำนาจจำแนก ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน และความเชื่อมั่นของแบบวัด เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ
11. จัดทำคู่มือการใช้และจัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติเป็นรูปเล่ม

7. คุณภาพของเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติ

7.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity)

สมนึก ภัททิยธนี (2560) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงกับเนื้อหาที่ได้ทำการสอน กล่าวคือ เมื่อทำการสอนเนื้อหาใดก็ทำการเขียนข้อสอบวัดให้ตรงกับเนื้อหานั้น ซึ่งไม่ใช่เรื่องยากลำบากแต่มีจะพบข้อบกพร่องที่เป็นคำถามประเภทความจำ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content validity) หมายถึง เครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามเนื้อหาที่ต้องการจะวัด และพิจารณาความเที่ยงตรงชนิดนี้จะใช้การวิเคราะห์อย่างมีเหตุผล (Rational analysis) ดังนั้นความเที่ยงตรงตาม

เนื้อหาจึงขึ้นอยู่กับบุคคลที่จะวิเคราะห์ ทำให้ผลที่ได้จึงมักจะไม่น่าจะแน่นอน ขาดความเป็นปรนัย ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจำแนกออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล (Logical Validity) หรือความเที่ยงตรงเชิงการสุ่ม (Sampling validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ให้ผู้เชี่ยวชาญทางสาขาพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อ และจำนวนของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นสอดคล้องกับตารางวิเคราะห์รายละเอียดหรือไม่ ถ้าสอดคล้องก็แสดงว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงเชิงเหตุผล ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กับความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่ม สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์นั้นผู้เชี่ยวชาญจะต้องพิจารณาว่าข้อสอบของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะกาเครื่องหมายในช่อง +1 ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะกาเครื่องหมายในช่อง -1 และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่ จะกาเครื่องหมายในช่อง 0 จากนั้นนำค่าผลการพิจารณา มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of consistency : IOC) การพิจารณาค่า IOC นี้จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน

2. ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่นิยามไว้หรือไม่ ซึ่งเป็นความเที่ยงตรงที่เหมาะสมสำหรับแบบทดสอบวัดด้านความรู้สึก (Affective domain) เช่น การวัดทางด้านบุคลิกภาพ ค่านิยม เป็นต้น ซึ่งแบบทดสอบเหล่านี้ก่อนสร้างข้อสอบจะต้องนิยามสิ่งที่จะวัดให้ชัดเจนก่อน หลังจากนั้นจึงจะสร้างข้อสอบหรือข้อความให้สอดคล้องกับที่นิยามไว้ แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบข้อสอบหรือข้อความแต่ละข้อว่าสร้างตรงตามที่นิยามไว้หรือไม่ ถ้าสร้างได้ตรงตามที่นิยามไว้ก็แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทางด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจนั่นเอง

7.2 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity)

สมนึก ภัททิยธนี (2560) ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน หรือกล่าวได้ว่าเป็นความสามารถของแบบทดสอบที่ช่วยให้ครูประมาณสถานสภาพอันแท้จริงของนักเรียนในปัจจุบันได้ถูกต้อง เช่น นายแดงเก่งวิชาคณิตศาสตร์ ปรากฏว่าในชีวิตจริงก็มีทักษะด้านการคำนวณ หรือนายดำสอบได้คะแนนมากในวิชาพลานามัยเรื่องอนามัยส่วนบุคคล ปรากฏว่าในชีวิตจริงก็เป็นคนที่รักษานามัยส่วนบุคคลได้ดี ร่างกายแข็งแรงสมบูรณ์ แต่ถ้าคะแนนจากการทดสอบสัมพันธ์เชิงลบกับชีวิตจริง ก็กล่าวได้ว่าแบบทดสอบไม่มีความเที่ยงตรงตามสภาพ และโดยความเป็นจริงแบบทดสอบมักจะขาดความเที่ยงตรงตามสภาพ แต่การสังเกตน่าจะมีค่าความเที่ยงตรงตามชนิดนี้มากกว่า

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความเที่ยงตรงที่เอาผลการวัดของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปหาความสัมพันธ์กับเกณฑ์ในสภาพปัจจุบัน เช่น เอาคะแนนของแบบทดสอบที่วัดความรู้เกี่ยวกับว่ายน้ำไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนการว่ายน้ำในเชิงปฏิบัติในปัจจุบัน ถ้าผลปรากฏว่ามีความสัมพันธ์กันสูงก็แสดงว่าแบบทดสอบวัดความรู้เกี่ยวกับการว่ายน้ำมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง กล่าวคือ คนที่ว่ายน้ำเป็นจะทำแบบทดสอบวัดความรู้ได้ และคนที่ว่ายน้ำไม่เป็นจะทำแบบทดสอบวัดความรู้ไม่ค่อยได้หรือไม่ได้ เป็นต้น ซึ่งการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพนั้น จะจำแนกตามชนิดของแบบทดสอบ ดังนี้

1. ความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบอิงกลุ่ม เป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ใช้ในการสอบนักเรียนเพื่อประเมินผลรวม (Summative evaluation) เมื่อนักเรียนเรียนจบวิชานั้นแล้วมีความรู้อยู่ในระดับใดของคะแนนเกรด A, B, C, D หรือ E หรือมีความรู้เก่งกว่าคนอื่นมากน้อยเพียงใด ดังนั้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่มนี้เมื่อจะคำนวณหาความเที่ยงตรงเชิงสภาพจะต้องนำแบบทดสอบไปทำการทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลการทดสอบมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) กับคะแนนความรู้หรือเกรดเฉลี่ย (GPA) ของวิชานั้น ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนเกณฑ์ (Criteria) ของนักเรียนที่สอบแบบทดสอบฉบับนั้น และค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพที่คำนวณได้จะต้องมีค่าใกล้ +1 จึงจะดี

2. ความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ เป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ใช้ในการทดสอบนักเรียน เพื่อประเมินผลย่อย (Formative evaluation) ซึ่งความเที่ยงตรงเชิงสภาพของแบบทดสอบอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบทดสอบอิงเกณฑ์ที่สามารถวัดความรู้ (Master) และไม่รอบรู้ (Nonmaster) ของนักเรียน ในการทดสอบในแต่ละจุดประสงค์ว่าตรงกับสถานภาพของความรู้จริง (Known status) หรือไม่ ถ้าตรงกับสภาพความรู้จริงก็แสดงว่ามีความเที่ยงตรงสูง ซึ่งคำนวณจากค่า " Φ " ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 คือ ค่า Φ มีค่าใกล้ +1 แสดงว่ามีความเที่ยงตรงสูง และค่า Φ มีค่าใกล้ 0 หรือ -1 แสดงว่ามีความเที่ยงตรงต่ำหรือไม่เที่ยงตรง ซึ่งการคำนวณค่าความเที่ยงตรงชนิดนี้ ชروقและคอสแควร์ลี ได้วางเกณฑ์ไว้ว่า ถ้าเป็นแบบทดสอบที่วัดจุดประสงค์ที่สำคัญมาก ควรจะมีค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 0.95 และแบบทดสอบที่วัดจุดประสงค์ที่สำคัญ ควรจะมีค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 0.75 ส่วนแบบทดสอบที่วัดจุดประสงค์ทั่ว ๆ ไป ควรจะมีค่าความเที่ยงตรงมากกว่า 0.50 ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.50 แสดงว่าเป็นแบบทดสอบที่ขาดความเที่ยงตรงเชิงสภาพ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการหาความเที่ยงตรงเที่ยงตรงตามเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และความเที่ยงตรงตามสภาพ

โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

7.3 ความเชื่อมั่น (Reliability)

สมนึก ภัททิยธนี (2560) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบ ทั้งฉบับที่นำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งหลาย ๆ ครั้ง ก็ได้คะแนนคงที่คงจะไม่เปลี่ยนแปลง เช่น สร้างแบบทดสอบฉบับหนึ่งแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่ง 2 ครั้ง โดยให้มีเวลาห่างกันพอประมาณ (1-8 สัปดาห์) ถ้าพบว่านักเรียนแต่ละคนทำคะแนนได้เท่ากันทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีความเชื่อมั่นสูง (ไม่ใช่กับนักเรียนที่เข้าสอบมีความเชื่อมั่นสูง) ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเปรียบได้กับเครื่องชั่ง กล่าวคือ ถ้านำวัตถุชิ้นหนึ่งไปชั่งหลาย ๆ ครั้ง หากพบว่าเครื่องชั่งน้ำหนักได้เท่าเดิมทุกครั้ง แสดงว่าเครื่องชั่งนั้นมีความเชื่อมั่นสูง หรือเปรียบได้กับนาฬิกาที่เดินด้วยความเร็วคงที่สม่ำเสมอ วิธีหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีหลายวิธี ซึ่งต้องอาศัยการคำนวณเพราะเป็นเรื่องของสถิติ ต่างจากความเที่ยงตรงซึ่งเป็นเรื่องของเหตุผล

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ หมายถึง ความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบนักเรียนคนเดียวกันหลายครั้งในแบบทดสอบชุดเดิม เช่น นำแบบทดสอบวิชาวัดผลไปสอบกับนายสมคิด ครั้งแรกนายสมคิดได้คะแนน 25 คะแนน วนไปประมาณ 1 สัปดาห์ นำแบบทดสอบฉบับเดิมสอบกับนายสมคิดอีกครั้งหนึ่งก็ยังคงได้คะแนน 25 คะแนนเหมือนเดิม แสดงว่าแบบทดสอบชุดนั้นมีความเชื่อมั่นได้ แต่ถ้าปรากฏว่านำแบบทดสอบชุดเดิมไปสอบกับนายสมคิดซ้ำอีกครั้งหนึ่งแล้วนายสมคิดได้คะแนนเปลี่ยนไปจากเดิม แสดงว่าแบบทดสอบขาดความเชื่อมั่น ในการวัดนั้นจะต้องสร้างเครื่องมือที่ต้องการนำไปวัดผลให้มีคุณภาพที่เชื่อมั่นได้ และค่าความเชื่อมั่นจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง $+1$ และจะพิจารณาเฉพาะค่าที่เป็นบวกเท่านั้น ซึ่งควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (α -Cronbach) ในการหาความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ

7.4 ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นที่ผู้ให้คะแนนมากกว่า 1 คน เป็นการหาความเชื่อมั่นที่ใช้แบบทดสอบฉบับเดียวทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว และมีผู้ตรวจให้คะแนนมากกว่า 1 คน เช่น แบบทดสอบเรียงความ เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2554) กล่าวว่า ในกรณีที่ข้อสอบเป็นแบบอัตนัย แบบตอบสั้น ที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ แบบสัมภาษณ์ แบบสังเกต และการประเมินภาคปฏิบัติ ผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคนอาจให้คะแนนที่แตกต่างกัน ความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนจึงสำคัญมากสำหรับเครื่องมือวัดลักษณะนี้ วิธีการง่าย ๆ ในการหาความเชื่อมั่นระหว่างผู้ให้คะแนนก็คือ ให้ผู้ตรวจ

ให้คะแนนหรือผู้สังเกตตั้งแต่ 2 คน ขึ้นไป ให้คะแนนในแบบสอบเดียวกัน หรือพฤติกรรมเดียวกัน แล้วหาความสัมพันธ์ของคะแนนจากผู้ตรวจ ซึ่งค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนที่เชื่อถือได้ ควรมีค่าประมาณ 0.85 ขึ้นไป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน ในการหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมินให้คะแนน 2 คน

7.5 อำนาจจำแนก (Discrimination)

สมนึก ภัททิยธนี (2560) กล่าวว่า อำนาจจำแนก หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะ หรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูง ตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม (Norm Reference Measurement) อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนกข้อสอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่าคนกลุ่มเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูก แต่คนกลุ่มอ่อนทำไม่ถูก ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Reference Measurement) หมายถึงความสามารถของข้อสอบนั้นในการจำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้กับกลุ่มไม่รอบรู้ ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่าคนกลุ่มรอบรู้ทำข้อสอบข้อนั้นถูก แต่คนกลุ่มไม่รอบรู้ทำไม่ถูก

ไพศาล วรคำ (2554) กล่าวว่า อำนาจจำแนก หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบ หรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบ ข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกก็คือ ข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้นั้นก็หมายความว่า คนเก่งทำข้อสอบนั้นถูกต้องขณะที่คนอ่อนทำผิด หรือในแบบสอบถามวัดเจตคติ วิชาชีวเคมี ข้อคำถามที่มีอำนาจจำแนกก็คือ ข้อคำถามที่สามารถแยกผู้มีเจตคติต่อวิชาชีวเคมีสูงกับต่ำออกจากกันได้ นั่นคือ คนที่มีเจตคติต่อวิชาชีวเคมีสูงจะได้คะแนนในข้อคำถามนั้นมาก ส่วนผู้ที่มีเจตคติต่อวิชาชีวเคมีต่ำก็จะได้คะแนนในข้อนั้นน้อย เป็นต้น

คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม (2561) ได้กล่าวถึงการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่านิยมใช้ 2 วิธี ดังนี้

1. วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการที่ว่าคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถามหรือแบบวัดสัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนนรายข้อทั้งหมด การคำนวณจะใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่าย หากพบว่า ข้อคำถามแต่ละข้อมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีอำนาจจำแนก

2. วิธีการทดสอบค่าที (t-test) วิธีการนี้ต้องเรียงคะแนนรวมของผู้ตอบแบบสอบถามหรือแบบวัดทั้งหมดจากคะแนนสูงสุดลงมาต่ำสุด แล้วใช้เทคนิค 25% เป็นกลุ่มสูง และ 25% เป็นกลุ่มต่ำ แล้วคำนวณโดยใช้สูตร t-test หากพบว่า กลุ่มสูงมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าข้อคำถามนั้นมีอำนาจจำแนก

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน

8. ข้อดีและจำกัดของการวัดภาคปฏิบัติ

สมชาย วรภิเษมสกุล (2557) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการวัดการปฏิบัติงานไว้ดังนี้

ข้อดีของการวัดการปฏิบัติงาน มีดังนี้

1. ได้รับข้อมูล/ผลลัพธ์ที่เป็นความรู้ความสามารถที่แท้จริงในสภาพจริงของผู้เรียนสอดคล้องกับแนวคิดการประเมินผลตามสภาพจริง
2. ใช้วัดพฤติกรรม/ทักษะการนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. อาจเกิดกระบวนการเรียนรู้ในระหว่างการทดสอบการปฏิบัติงาน

ข้อจำกัดของการวัดการปฏิบัติงาน มีดังนี้

1. ใช้เวลาในการดำเนินการทดสอบมาก เนื่องจากจะต้องทดสอบทีละคน หรือเป็นกลุ่มเล็ก ๆ กลุ่มละ 2-3 คน เท่านั้น
2. ใช้งบประมาณในการดำเนินการสูง เนื่องจากจะต้องใช้วัสดุสิ้นเปลืองในการทดสอบ
3. การให้คะแนนมีความเป็นอัตนัยสูง ดังนั้นจำเป็นจะต้องมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน เพื่อความเป็นปรนัยของคะแนน

สมนึก ภัททิยธนี (2560) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการวัดภาคปฏิบัติไว้ ดังนี้

ข้อดีของการวัดภาคปฏิบัติ

1. ผู้ปฏิบัติแสดงความสามารถได้อย่างเต็มที่ เพราะทราบและได้ฝึกปฏิบัติเป็นการล่วงหน้ามาแล้ว
2. สามารถวัดควบคู่ไปกับการทดสอบวัดภาคทฤษฎี
3. สามารถวัดด้านจิตพิสัยโดยทางอ้อมด้วย

ข้อจำกัดของการวัดภาคปฏิบัติ

1. ใช้เวลาในการวัดมาก เพราะการวัดมุ่งพิจารณาขั้นตอนการปฏิบัติเป็นสำคัญ โดยปกติจะสอบวัดทีละคน หรือเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3-5 คน

2. มีปัญหาด้านค่าใช้จ่าย เพราะมีความสิ้นเปลือง และในการวัดต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ

3. การให้คะแนนการวัดผลงานภาคปฏิบัติจะคล้ายกับการตรวจสอบแบบอัตนัย ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ตรวจให้คะแนน อาจมีความลำเอียง ขาดความคงที่คงวา

9. เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบรีค

9.1 ความหมายของการให้คะแนนแบบรูบรีค

กรมวิชาการ (2546) กล่าวว่า Rubric หมายถึง แนวทางการให้คะแนนที่สามารถจำแนกระดับต่าง ๆ ของความสำเร็จในการเรียน หรือการปฏิบัติของผู้เรียนได้อย่างชัดเจนจากระดับดีมาจนกระทั่งถึงระดับที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

พร้อมพรรณ อุดมสิน (2546) กล่าวว่า คะแนนแบบรูบรีค เป็นชุดของแนวทางการให้คะแนนผลงานหรือผลจากการปฏิบัติ เพื่อใช้ประเมินคุณภาพจากการปฏิบัติงานของผู้เรียน บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545) กล่าวว่า คะแนนแบบรูบรีค หรือกฎเกณฑ์การให้คะแนน เป็นชุดของแนวทางให้คะแนนผลการปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่งสำหรับใช้ประเมินคุณภาพของการปฏิบัติของผู้เรียน

9.2 แนวคิดพื้นฐานในการให้คะแนนแบบรูบรีค

สมศักดิ์ ภูวิภาตววรรณ (2544) ได้เสนอแนวคิดพื้นฐานในการให้คะแนนแบบรูบรีค ดังนี้

1. คะแนนแบบรูบรีคเป็นเครื่องมือที่ใช้ได้ทั้งในการเรียนการสอนและการประเมิน กล่าวคือ ใช้รูบรีคเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือปรับปรุงการปฏิบัติงานของผู้เรียนได้ และช่วยให้ครูผู้สอนสามารถกำหนดจุดประสงค์ในการปฏิบัติงานของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในลักษณะงาน "คุณภาพ"

2. คะแนนแบบรูบรีคเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพิจารณาตัดสินชิ้นงานอย่างมีเหตุผลแล้วนำไปพัฒนา แก้ไขปรับปรุงงานให้มีคุณภาพ ก่อให้เกิดความรับผิดชอบในงานของตนเองมากขึ้น

3. คะแนนแบบรูบรีคเป็นเครื่องมือที่ช่วยเหลือครูผู้สอนในการลดภาระงานจากการประเมินผลงานจำนวนมากเป็นผู้เรียนและเพื่อน ๆ ช่วยกันประเมินตนเองและเพื่อน ๆ ได้ ทำให้รับทราบจุดเด่น และจุดบกพร่องของชิ้นงานจากการประเมินที่จะนำไปพัฒนางานของตนเองให้ดีขึ้น

4. คะแนนแบบรูบรีคเป็นการให้คะแนนที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถกำหนดเพิ่มเติมหรือเพื่อให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนที่ใช้ประเมิน

5. คะแนนแบบรูบริคเป็นการให้คะแนนที่ง่ายในการใช้และการอธิบาย
ให้แก่ผู้เรียนว่าจะเรียนรู้อะไร และแจ้งให้ผู้ปกครองหรือผู้เกี่ยวข้องได้รับทราบว่าผู้เรียนจะต้องปฏิบัติ
ตนอย่างไรจึงจะประสบความสำเร็จ

9.3 จุดประสงค์ของการให้คะแนนแบบรูบริค

สมศักดิ์ ภูมิภาควารรณ (2544) ได้กล่าวถึงจุดประสงค์ของการให้คะแนน
แบบรูบริค ดังนี้

1. เพื่อใช้ประเมินกระบวนการ (Process) ที่เกิดขึ้นจากผู้เรียนในระหว่าง
การดำเนินการเรียนการสอนหรือในการทดสอบใด ๆ อาทิ การเรียนรู้เป็นทีม วิธีการการสัมภาษณ์
 เป็นต้น
2. เพื่อประเมินผลผลิต/ผลงาน (Product) ที่ได้จากผู้เรียนหลังจากเสร็จสิ้น
การดำเนินการเรียนการสอนหรือการทดสอบ อาทิ แฟ้มสะสมผลงาน รายงาน การจัดนิทรรศการ
 เป็นต้น
3. เพื่อประเมินการปฏิบัติ (Performance) เป็นการประเมินการปฏิบัติ
ของผู้เรียนในระหว่างการดำเนินการเรียนการสอน อาทิ การนำเสนอผลงาน การอภิปราย
 หรือการสาธิต เป็นต้น

9.4 รูปแบบมาตรฐานประเมินค่าของการให้คะแนนแบบรูบริค

พร้อมพรรณ อุดมลิน (2546) ได้กล่าวถึงการให้คะแนนแบบรูบริค มีรูปแบบ
มาตรฐานประเมินค่า 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การให้คะแนนแบบภาพรวม (Holistic Scoring) เป็นการให้คะแนน
โดยพิจารณาจากผลงาน โดยพิจารณาจากองค์ประกอบที่สำคัญที่ระบุถึงผลงานที่คาดหวังมาจัดทำ
รายการ ระบุคำอธิบายที่ใช้บรรยายลักษณะของเกณฑ์แต่ละรายการอย่างต่อเนื่อง เป็นภาพรวมที่
แสดงให้เห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนในแต่ละระดับที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลสรุป (Summative
Evaluation) ดังตัวอย่างการให้คะแนนแบบภาพรวมที่นำเสนอโดยบุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (2545)
ปรากฏดังตาราง 2

พูนุ ปณุ ทิโต ชีเว

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม

กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบภาพรวม
4 หมายถึง เขียนอธิบายงานที่ชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล มีการตรวจสอบคำตอบ แสดงวิธีการชัดเจน มีคำบรรยายประกอบ
3 หมายถึง เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ใช้วิธีการสมเหตุสมผล แสดงวิธีทำ
2 หมายถึง เขียนอธิบายงานที่ทำใช้วิธีการที่ไม่เหมาะสมบางส่วน
1 หมายถึง เขียนอธิบายงานที่ทำไม่ครบถ้วน ใช้วิธีการไม่เหมาะสม

2. การให้คะแนนแบบแยกส่วน (Analytic Scoring) เป็นการให้คะแนนโดยพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของงานที่มีลักษณะการตอบหรือพฤติกรรมต่าง ๆ ที่แต่ละองค์ประกอบจะต้องกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยมีคำอธิบายบรรยายถึงลักษณะการตอบหรือพฤติกรรมที่ให้คะแนนแต่ละระดับให้ชัดเจนที่จะนำไปใช้ในการประเมินผลย่อย (Formative Evaluation) ดังตัวอย่างการให้คะแนนเกณฑ์ย่อยที่นำเสนอโดยบุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์ (2545) ปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน

กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกส่วน	
ทักษะการแก้ปัญหา (วิชาคณิตศาสตร์)	
ความเข้าใจ	คุณภาพของวิธีทำ
4 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ถูกต้อง ใช้วิธีการที่สมเหตุสมผล ตรวจสอบคำตอบถูกต้อง	4 แสดงวิธีการทำถูกต้อง ชัดเจน มีคำบรรยายประกอบที่มีต้นฉบับร่าง แก้ไข
3 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจน ถูกต้อง ใช้วิธีการไม่สมเหตุสมผล ไม่มีการตรวจสอบคำตอบ	3 แสดงวิธีการทำที่ชัดเจนถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ มีคำบรรยายประกอบ ไม่มีร่องรอยของการแก้ไข ปรับปรุง
2 เขียนอธิบายงานที่ทำชัดเจนบางส่วน ใช้วิธีการที่ขาดเหตุผล	2 แสดงวิธีการทำถูกต้องบางส่วน มีคำบรรยายประกอบแต่ไม่ชัดเจน
1 เขียนอธิบายงานที่ทำได้บางส่วน ส่วนใหญ่ไม่ชัดเจน	1 แสดงวิธีการทำที่ไม่เหมาะสม ไม่ชัดเจน ส่วนใหญ่ไม่ถูกต้อง

3. การให้คะแนนแบบองค์รวมแล้วจำแนกรายละเอียด (Annotated Scoring)

เป็นการกำหนดคะแนนในภาพรวมก่อนแล้วค่อยระบุจุดแข็งและจุดอ่อนสนับสนุนการให้คะแนนแบบองค์รวม

จตุภูมิ เขตจัตุรัส (2560) ได้กล่าวถึงเกณฑ์การให้คะแนนแบบบูรณาการไว้ว่า องค์ประกอบของเกณฑ์ประกอบไปด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนแรก คือเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาชิ้นงานหนึ่ง ๆ เช่น สิ่งประดิษฐ์ 1 ชิ้น อาจมีแนวทางหรือองค์ประกอบที่จะใช้พิจารณา เช่น จุดมุ่งหมายของสิ่งประดิษฐ์ ความคิดริเริ่ม ความแข็งแรง การนำไปใช้ ความสวยงาม ส่วนที่สอง ได้แก่ คำอธิบายถึงระดับคุณภาพของแต่ละแนวทาง ซึ่งอาจเรียงลำดับตั้งแต่ดีมากไปจนถึงต้องปรับปรุง รูปแบบของเกณฑ์การให้คะแนน สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Rubrics) เป็นหลักเกณฑ์และแนวทางการให้คะแนน โดยพิจารณาจากภาพรวมของชิ้นงาน โดยจะมีคำอธิบายลักษณะของงานในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน เกณฑ์การให้คะแนนในภาพรวมนี้เหมาะที่จะใช้ในการประเมินทักษะการเขียน เพราะสามารถที่จะตรวจสอบความต่อเนื่อง ความคิดสร้างสรรค์ และความสละสลวยของภาษาที่เขียนได้ แนวการให้คะแนนแบบองค์รวมค่อนข้างง่ายในการสร้างและการใช้ และมีประโยชน์ในการใช้ประเมินการปฏิบัติงานที่มีกระบวนการซับซ้อนมาก ๆ เกินกว่าจะแยกแยะเป็นด้านต่าง ๆ ได้ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ต้องระมัดระวังและควรให้พิจารณาอย่างรอบคอบในการสร้างเกณฑ์การประเมินในภาพรวม คือ การกำหนดเกณฑ์หรือคำอธิบายคุณภาพงานที่ต้องการอย่างชัดเจน และสามารถแสดงความถึงมาตรฐานได้ เพราะการกำหนดเกณฑ์ที่หลวมอาจทำให้ขาดความตรงและความลำเอียงในการประเมินได้ ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งคือ เกณฑ์การประเมินแบบในภาพรวมนี้ให้ข้อมูลกว้าง ๆ อาจจะยากสำหรับผู้เรียนที่จะทราบจุดบกพร่องที่ต้องแก้ไขปรับปรุง เกณฑ์การให้คะแนนแบบองค์รวมส่วนใหญ่จะใช้ 3-6 ระดับ แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ เกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ เนื่องจากง่ายต่อการกำหนดรายละเอียดซึ่งจะยึดเกณฑ์ค่าเฉลี่ย สูงกว่าค่าเฉลี่ย และต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งง่ายต่อการตรวจให้คะแนน เนื่องจากงานมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แต่ถ้าจะใช้ 5 หรือ 6 ระดับ ความแตกต่างระหว่างระดับจะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งทำให้ยากต่อการตรวจคะแนน

2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics)

เป็นหลักเกณฑ์และแนวทางการให้คะแนนโดยพิจารณาจากแต่ละส่วนของงาน ซึ่งแต่ละส่วนจะต้องกำหนดแนวทางการให้คะแนนโดยมีคำนิยามหรือคำอธิบายลักษณะของงานในส่วนนั้น ๆ ในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน และสามารถกำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละส่วนแยกจากกันได้ น้ำหนักคะแนนแต่ละส่วนอาจแตกต่างกันตามความสำคัญที่ต้องการเน้น เกณฑ์การให้คะแนนแบบ

แยกองค์ประกอบเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการประเมินสิ่งที่คาดหวังจากงานเป็นด้านๆ และทำให้รู้ว่าต้องแก้ไขปรับปรุงจุดใด

9.5 ขั้นตอนในการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริค

ในการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค มีขั้นตอนดังนี้

- ตัวอย่างงาน
1. กำหนดองค์ประกอบของเกณฑ์แบบรูบริค
 2. นิยามปฏิบัติการของเกณฑ์ที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานนั้น ๆ
 3. กำหนดจำนวนระดับของเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา
 4. พิจารณาเกณฑ์ผ่านและไม่ผ่าน พร้อมคำอธิบายรายละเอียดและ/หรือ
 5. เขียนคำอธิบายระดับที่สูงกว่าเกณฑ์หรือต่ำกว่าเกณฑ์ตามลำดับ
 6. ตรวจสอบโดยคณะผู้มีส่วนร่วมหรือผู้เชี่ยวชาญทางการวัดผล
 7. ทดลองใช้เกณฑ์ในการตรวจผลงานที่มีมาตรฐาน/คุณลักษณะตามเกณฑ์
- ที่กำหนด
8. หาคุณภาพของเกณฑ์
 9. ปรับปรุงเกณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน

9.6 แนวทางการกำหนดเกณฑ์แบบรูบริค

ในการกำหนดเกณฑ์แบบรูบริคโดยทั่ว ๆ ไปจะกำหนดเป็น 4-5 ระดับ โดยที่พิจารณาเป้าหมายและความคาดหวังในการปฏิบัติงานนั้น ๆ ในครั้งนี้ได้นำเสนอแนวทางเกณฑ์แบบรูบริค 5 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 : ขั้นเริ่มต้น
ค้นหา ทำตามแบบ มีข้อผิดพลาด ยังไม่เข้าประเด็น งานไม่สำเร็จ
2. ระดับที่ 2 : ขั้นพัฒนา
ผลงานเป็นไปตามแบบ ไม่สมบูรณ์ มีจุดอ่อนและจุดแข็ง แต่ในภาพรวมมีจุดแข็งมากกว่าจุดอ่อน
3. ระดับที่ 3 : ขั้นทำได้ ปฏิบัติได้ (ผ่าน)
ผลงานมีมาตรฐานค่อนข้างสมบูรณ์ มีจุดแข็งมากกว่าจุดอ่อน
4. ระดับที่ 4 : ขั้นมั่นคง
มีความสมบูรณ์แน่นอน คงเส้นคงวา มีทักษะและยุทธศาสตร์ในการปฏิบัติ
5. ระดับที่ 5 : ขั้นสมควรเป็นตัวอย่าง
มีมาตรฐาน มีความเด่นเป็นตัวอย่างได้ ริเริ่มสร้างสรรค์

จากเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย (Analytic Rubric) สำหรับการสร้างเป็นแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ในครั้งนี้ เนื่องจากมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับไว้อย่างชัดเจน โดยมีคำนิยามหรือคำอธิบายลักษณะของงานในแต่ละส่วน ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละส่วนแยกจากกันได้ โดยที่น้ำหนักคะแนนแต่ละส่วนอาจแตกต่างกันตามความสำคัญที่ต้องการเน้น

10. ตัวอย่างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2562) ได้นำเสนอตัวอย่างเกณฑ์การประเมินการปฏิบัติการทดลองไว้ ปรากฏดังตาราง 4-7

ตาราง 4 ตัวอย่างแบบสำรวจรายการปฏิบัติการทดลอง

รายการที่ต้องการสำรวจ	ผลการสำรวจ	
	มี (ระบุจำนวนครั้ง)	ไม่มี
การวางแผนการทดลอง		
การทดลองตามขั้นตอน		
การสังเกตการทดลอง		
การบันทึกผล		
การอภิปรายผลการทดลองก่อนลงข้อสรุป		

ตาราง 5 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า

ทักษะที่ประเมิน	ผลการประเมิน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. วางแผนการทดลองอย่างเป็นขั้นตอน	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
2. ปฏิบัติการทดลองได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง เหมาะสมและจัดวางอุปกรณ์เป็นระเบียบ สะดวกต่อการใช้งาน	หมายถึงปฏิบัติได้ทั้ง 3 ข้อ	หมายถึงปฏิบัติได้ 2 ข้อ	หมายถึงปฏิบัติได้ 1 ข้อ
3. บันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องและครบถ้วนสมบูรณ์			

ตาราง 6 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทดลองที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย

ทักษะปฏิบัติการ ทดลอง	คะแนน		
	3	2	1
การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลอง	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองได้ถูกต้อง เหมาะสม กับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองได้ถูกต้องแต่ไม่ เหมาะสมกับงาน	เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลองไม่ถูกต้อง
การใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการ ทดลอง	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองได้อย่าง คล่องแคล่วและ ถูกต้องตามหลักการ ปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองได้ ถูกต้องตามหลัก การปฏิบัติ แต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลอง ไม่ถูกต้อง
การทดลองตามแผน ที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่กำหนด ไว้อย่างถูกต้อง มีการ ปรับปรุงแก้ไข เป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่กำหนด ไว้ มีการปรับปรุง แก้ไขบ้าง	ทดลองตามวิธีการ และขั้นตอนที่กำหนด ไว้ หรือดำเนินการ ข้ามขั้นตอนที่กำหนด ไว้ ไม่มีการปรับปรุง แก้ไข

ตาราง 7 ตัวอย่างแนวทางให้คะแนนการเขียนรายงานการทดลอง

	คะแนน		
	3	2	1
เขียนรายการตามลำดับ ขั้นตอน ผลการทดลอง ตรงตามสภาพจริง และสื่อความหมาย	เขียนรายงานการทดลอง ตามลำดับ แต่ไม่สื่อ ความหมาย	เขียนรายงานโดยลำดับขั้นตอน ไม่สอดคล้องกัน และสื่อ ความหมาย	

นิภารัตน์ เพ็งอารีย์ (2550) ได้สร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544
มีตัวอย่างดังตาราง 8-9

ตาราง 8 ตัวอย่างแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง การทดลองสมบัติของสาร

รายการสังเกต	คะแนน		
	2	1	0
<u>ขั้นเตรียม</u>			
1. ศึกษาใบงาน
2. เตรียมวัสดุอุปกรณ์
<u>ขั้นปฏิบัติ</u>			
3. ตวงสาร 5 ชนิดใส่ลงในถ้วยพลาสติกด้วยปริมาณที่เท่ากัน
4. เติมน้ำในแต่ละถ้วยในปริมาณที่เท่า ๆ กัน
5. การใช้ช้อนตักสาร
6. การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละชนิด
<u>ขั้นผลงาน</u>			
7. บันทึกผลการทดลอง
8. การเขียนรายงานผลการทดลอง
9. การนำเสนอผลการทดลอง
<u>ขั้นกิจนิสัย</u>			
10. ความร่วมมือ
11. ทำความสะอาดอุปกรณ์และบริเวณ
12. สภาพอุปกรณ์ชำรุด เสียหาย
13. ความตั้งใจ
รวมคะแนน			

ตาราง 9 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง สมบัติของสาร

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม
ขั้นเตรียม (2 คะแนน)	
1. ศึกษาใบงาน (1 คะแนน)	1 คะแนน คือ ได้ร่วมกันในกลุ่มอ่านใบงาน ศึกษาขั้นตอนการทดลองและแบ่งงานกันอย่างละเอียดก่อนทำการทดลอง 0 คะแนน คือ ไม่อ่านใบงาน ไม่แบ่งงานกัน
2. เตรียมวัสดุอุปกรณ์ (1 คะแนน)	1 คะแนน คือ เบิกวัสดุอุปกรณ์ครบตามที่กำหนดไว้ในใบงาน 0 คะแนน คือ เบิกวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบตามที่กำหนดไว้ในใบงาน
ขั้นปฏิบัติ (8 คะแนน)	
3. ตวงสาร 5 ชนิดใส่ลงในถ้วยพลาสติกด้วยปริมาณที่เท่ากัน (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ สามารถตวงสารถูกต้อง และตวงสารได้ปริมาณตามที่กำหนดในใบงาน 1 คะแนน คือ ตวงสารได้ไม่ตรงตามที่กำหนดเล็กน้อย 0 คะแนน คือ ตวงสารไม่ตรงตามที่กำหนดในใบงาน
4. เติมน้ำในแต่ละถ้วยในปริมาณที่เท่า ๆ กัน (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ ใช้ปิเกตอร์ตวงน้ำให้มีปริมาตร 10 cm ³ แล้วเทลงในถ้วยทีละถ้วย ทำขั้นตอนเหมือนกันทั้ง 5 ถ้วย 1 คะแนน คือ ใช้ปิเกตอร์ตวงน้ำให้มีปริมาตร 50 cm ³ แล้วแบ่งใส่ ถ้วยพลาสติกทั้ง 5 ถ้วย 0 คะแนน คือ เติมน้ำใส่ถ้วยพลาสติกโดยไม่ตวง
5. การใช้ช้อนตักสาร (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ ใช้ช้อนตักสารจนเต็มช้อนแล้วเคาะเบา ๆ เพื่อให้อนุภาคของสารเรียงตัวในช้อน แล้วใช้ไม้ปาดสารโดยไม่กดสารให้สารในช้อนอยู่ในระดับพอดีกับขอบช้อน 1 คะแนน คือ ใช้ช้อนตักสารจนเต็ม แต่ไม่เคาะช้อนก่อนใช้ไม้ปาดสารให้สารในช้อนมีระดับพอดีกับขอบช้อน 0 คะแนน คือ ใช้ช้อนตักสารจนเต็มช้อนไม่เคาะช้อน และไม่ใช้ไม้ปาดสารให้มีระดับพอดีกับขอบช้อน

ตาราง 9 (ต่อ)

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม
6. การสังเกตการณ์ เปลี่ยนแปลงของสารแต่ละชนิด (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสาร แต่ละชนิดได้ถูกต้อง 1 คะแนน คือ บอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสาร แต่ละชนิดได้บางส่วน 0 คะแนน คือ บอกถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสาร แต่ละชนิดไม่ได้เลย
<u>ขั้นผลงาน (6 คะแนน)</u>	
7. บันทึกผลการทดลอง (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ ได้ผลการทดลองดังนี้ น้ำตาล น้ำส้มสายชู ละลายน้ำได้ ส่วนแ่งมัน น้ำมันพืช ไม่ละลายน้ำ และผงซักฟอกละลายน้ำได้บ้าง 1 คะแนน คือ น้ำตาล น้ำส้มสายชู ผงซักฟอก ละลายน้ำได้ แต่แ่งมันและน้ำมันพืชไม่ละลายน้ำ 0 คะแนน คือ น้ำตาล ผงซักฟอก แ่งมัน น้ำส้มสายชู ละลายน้ำได้ ส่วนน้ำมันพืชไม่ละลายน้ำ
8. การเขียนรายงานผล การทดลอง (2 คะแนน)	2 คะแนน คือ เขียนรายงานผลการทดลองได้ตรงกับที่ปฏิบัติ ได้จริงในข้อ 7 1 คะแนน คือ เขียนรายงานผลการทดลองบางส่วนไม่ตรงกับ ผลการทดลองที่ปฏิบัติได้จริงในข้อ 7 0 คะแนน คือ นำเสนอผลการทดลองได้แตกต่างจากที่ปฏิบัติ ได้จริง

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 9 (ต่อ)

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม
9. การนำเสนอผลการทดลอง (2 คะแนน)	0 คะแนน คือ นำเสนอผลการทดลองได้แตกต่างที่ปฏิบัติได้จริง 1 คะแนน คือ ให้ความร่วมมือกับกลุ่มขณะปฏิบัติการทดลอง 0 คะแนน คือ ไม่ให้ความร่วมมือกับกลุ่มขณะทำการทดลอง
<u>ขั้นกึ่งนิสัย (4 คะแนน)</u>	
10. ความร่วมมือ (1 คะแนน)	1 คะแนน คือ มีการทำความสะอาดอุปกรณ์และบริเวณ ภายหลังการทดลอง 0 คะแนน คือ ไม่ทำความสะอาดอุปกรณ์และบริเวณ ภายหลังการทดลอง
11. ทำความสะอาดอุปกรณ์ และบริเวณ (1 คะแนน)	1 คะแนน คือ ไม่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองชำรุด เสียหาย 0 คะแนน คือ มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองชำรุดเสียหาย
12. สภาพอุปกรณ์ชำรุด เสียหาย (1 คะแนน)	1 คะแนน คือ มีความตั้งใจ สนใจ กระตือรือร้น ในการปฏิบัติการทดลอง 0 คะแนน คือ ไม่ตั้งใจ ไม่กระตือรือร้นในการปฏิบัติ การทดลอง
13. ความตั้งใจ (1 คะแนน)	

จิตติกานต์ คำปลิว (2555) ได้สร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จังหวัดระยอง
มีตัวอย่างปรากฏดังตาราง 10

ตาราง 10 ตัวอย่างแบบสังเกตรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง การศึกษาเรื่องเซลล์พืช

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	การเลือกใช้อุปกรณ์	ขั้นตอนการทดลอง	การใช้อุปกรณ์	การทำ ความสะอาด	คะแนน
1						
2						

หมายเหตุ

การเลือกใช้อุปกรณ์ หมายถึง เลือกใช้อุปกรณ์การทดลองในกิจกรรมให้เหมาะสม เลือกครบและถูกต้อง ได้ 1 คะแนน เลือกไม่ครบได้ 0 คะแนน

ขั้นตอนการทดลอง หมายถึง ปฏิบัติตามขั้นตอนการทดลองที่กำหนดให้ ถ้าปฏิบัติตามขั้นตอนได้ 1 คะแนน ถ้าปฏิบัติไม่ตามขั้นตอนได้ 0 คะแนน

การใช้อุปกรณ์ หมายถึง การใช้หลอดหยดดูดสารละลายจะต้องไม่ให้สารละลายสัมผัสกับกระเปาะยาง ถ้าใช้หลอดหยดถูกหลักการได้ 1 คะแนน ไม่ถูกได้ 0 คะแนน

การทำ ความสะอาด หมายถึง เมื่อใช้แล้วควรล้างให้สะอาดและเก็บให้เรียบร้อย ทำความสะอาดและเก็บเรียบร้อยได้ 1 คะแนน ไม่ทำความสะอาดและเก็บเรียบร้อยได้ 0 คะแนน

ศักดิ์ดา สาดา (2555) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง เรื่องพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีตัวอย่างปรากฏดังตาราง 11-12

ตาราง 11 ตัวอย่างแบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 เรื่อง พลังงานความร้อน

รายการสังเกต	คะแนน		
	2	1	0
1. <u>ขั้นเตรียม</u>			
1.1 นักเรียนได้ศึกษาใบความรู้พร้อมทั้งส่งแผนผังความคิดก่อนการทดลอง
1.2 นักเรียนเข้าใจวงจรการเปลี่ยนสถานะของสารหลังได้รับความร้อน
1.3 นักเรียนมีความพร้อมของอุปกรณ์ในการทดลอง

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการสังเกต	คะแนน		
	2	1	0
2. <u>ขั้นปฏิบัติ</u>			
2.1 นักเรียนมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง
2.2 นักเรียนสามารถปฏิบัติตามคู่มือการทดลองได้อย่างมีความชำนาญตามแบบได้
3. <u>ขั้นผลงาน</u>
3.1 นักเรียนส่งใบงานที่ได้รับ
3.2 นักเรียนส่งผลการทดลอง
4. <u>ขั้นกิจนิสัย</u>
4.1 นักเรียนเก็บทำความสะอาดอุปกรณ์
4.2 นักเรียนรักษาความสะอาด
4.3 การให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมการทดลอง
รวมคะแนน			

ตาราง 12 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสังเกตภาคปฏิบัติ เรื่อง พลังงานศักย์

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม
1. <u>ขั้นเตรียม</u>	
1.1 นักเรียนได้ศึกษาใบความรู้ พร้อมทั้งส่งแผนผังความคิดก่อนการทดลอง	2 คะแนน นักเรียนทำได้ทั้ง 2 กิจกรรม 1 คะแนน นักเรียนทำอย่างใดอย่างหนึ่ง 0 คะแนน นักเรียนไม่ได้ทำทั้ง 2 กิจกรรม
1.2 นักเรียนมีความพร้อมของอุปกรณ์ในการทดลอง	2 คะแนน นักเรียนมีความพร้อม 1 คะแนน นักเรียนไม่มีความพร้อม 0 คะแนน นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือ

ตาราง 12 (ต่อ)

พฤติกรรมที่สังเกต	เกณฑ์การตัดสินพฤติกรรม
2. <u>ขั้นปฏิบัติ</u>	
2.1 นักเรียนมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ในการทดลอง	2 คะแนน นักเรียนมีทักษะในการใช้อุปกรณ์ 1 คะแนน นักเรียนมีความพยายาม 0 คะแนน นักเรียนไม่สนใจในการทดลอง
2.2 นักเรียนสามารถปฏิบัติตามคู่มือการทดลองได้อย่างมีความชำนาญ	2 คะแนน นักเรียนช่วยกันทำการทดลอง 1 คะแนน นักเรียนมีความพยายามแต่ไม่สำเร็จ 0 คะแนน นักเรียนไม่สนใจในการทดลอง
3. <u>ขั้นผลงาน</u>	
3.1 นักเรียนส่งใบงานที่ได้รับ	2 คะแนน นักเรียนส่งงานและช่วยเหลือเพื่อน 1 คะแนน นักเรียนมีความพยายามแต่ไม่สำเร็จ 0 คะแนน นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือ
3.2 นักเรียนส่งผลการทดลอง	2 คะแนน นักเรียนส่งผลการทดลองและเข้าใจ 1 คะแนน นักเรียนมีความพยายามแต่ไม่สำเร็จ 0 คะแนน นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือ
3.3 นักเรียนจำสูตรและคำนวณเกี่ยวกับพลังงานศักย์จากใบงานได้	2 คะแนน นักเรียนจำสูตรและคำนวณได้ 1 คะแนน นักเรียนมีความพยายามแต่ไม่สำเร็จ 0 คะแนน นักเรียนไม่ให้ความร่วมมือ

จากตัวอย่างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จะพบว่ามีเครื่องมือที่วัดภาคปฏิบัติที่ใช้อยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น แบบสำรวจรายการ แบบวัดที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนมาตราส่วนประมาณค่า และแบบวัดที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบย่อย (Analytic Rubric) มาสร้างเป็นแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

งานวิจัยเกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นิภารัตน์ เฟิงอารีย์ (2550) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เครื่องมือที่สร้างขึ้นมี 2 ชนิด คือ แบบสังเกตภาคปฏิบัติ จำนวน 4 ฉบับ และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ฉบับ พบว่า 1) แบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติการทดลอง จำนวน 4 ฉบับ อำนาจจำแนกรายข้อแบบสังเกตภาคปฏิบัติ มีค่าตั้งแต่ 0.500 ถึง 0.675 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตภาคปฏิบัติ มีค่าตั้งแต่ 0.725 ถึง 0.835 ความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.796 ถึง 0.947 และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ในการวัด มีค่าตั้งแต่ 0.635 ถึง 0.800 2) แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ฉบับ ฉบับละ 10 ข้อ คะแนนเต็มฉบับละ 10 คะแนน ซึ่งเป็นแบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 21.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.92 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ มีค่าตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.76 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ วิทยาศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.82 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด มีค่าเท่ากับ 2.93 โดยสรุปเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้มีคุณภาพตาม เกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้วัดภาคปฏิบัติการทดลองในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ได้

ขวัญสุตา ภูวะการ (2550) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องมือวัดปฏิบัติการทดลอง สาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นคือ แบบสังเกต การทดลองสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานเคมี ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค 5 ระดับ จำนวน 1 ฉบับ และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจการทดลองสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พื้นฐานเคมี ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 1 ฉบับ พบว่า คุณภาพของ แบบสังเกตการทดลองสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 0.71 ถึง 1.00 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนทั้งฉบับ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 อำนาจจำแนกรายข้อ โดยการทดสอบที (t-test) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกข้อ มีความเชื่อมั่นของเกณฑ์การให้ คะแนน มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าสหสัมพันธ์ตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.64 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.22 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกต มีค่าเท่ากับ 0.91 เกณฑ์ปกติ ของแบบสังเกต มีค่าอยู่ระหว่าง T_{25} ถึง T_{75} และคุณภาพของแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจการทดลอง สาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

มีค่า 0.71 ถึง 1.00 ความเที่ยงตรงเชิงสภาพ โดยการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบสังเกตการทดลองสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี และแบบทดสอบวัดความเข้าใจการทดลองสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.63 ความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.79 ความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.33 ถึง 0.72 อำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.70 และเกณฑ์ปกติมีค่าอยู่ระหว่าง T_{23} ถึง T_{69}

ไพลินรัตน์ ทองสุ (2550) ได้ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติ สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศ เครื่องมือที่สร้างขึ้นคือ แบบทดสอบวัดความรู้ความสามารถของผู้เรียนเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 5 ฉบับ แบบสังเกตพฤติกรรม 1 ฉบับ และแบบวัดทักษะปฏิบัติ จำนวน 7 ฉบับ พบว่า 1) แบบทดสอบวัดความรู้ความสามารถ จำนวน 5 ฉบับ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.830 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ 0.722 ถึง 0.792 2) แบบสังเกตพฤติกรรม ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ยรายข้อ มีค่าตั้งแต่ 0.323 ถึง 0.826 ความเชื่อมั่นของแบบสังเกต มีค่าตั้งแต่ 0.731 ถึง 0.909 ความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.731 ถึง 0.909 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด มีค่าตั้งแต่ 0.305 ถึง 0.315 3) แบบวัดทักษะปฏิบัติ จำนวน 7 ฉบับ มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย มีค่าตั้งแต่ 0.468 ถึง 0.860 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะปฏิบัติมีค่าตั้งแต่ 0.804 ถึง 0.925 ความเชื่อมั่นของผู้สังเกตให้คะแนน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.885 ถึง 0.970 ความเชื่อมั่นแบบคงเส้นคงวา ด้วยวิธีการสอบซ้ำ มีค่าตั้งแต่ 0.701 ถึง 0.890 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด มีค่าตั้งแต่ 0.316 ถึง 0.417 โดยสรุปแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติ ที่สร้างขึ้นมีค่าอำนาจจำแนก ความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพ สอดคล้องกับความจริง สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการทดสอบวัดทักษะปฏิบัติ กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุรัชย์ สิงห์แผ่น (2550) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาช่างเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่สร้างขึ้นมี 2 ชนิด คือ แบบสังเกตการปฏิบัติงาน จำนวน 5 ฉบับ ประกอบด้วย ฉบับที่ 1 การเริ่มต้นอาร์ค (Strike the arc) มี 12 ข้อ ฉบับที่ 2 ท่าเชื่อม (Welding Position) ในการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า มี 14 ข้อ ฉบับที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบ มี 7 ข้อ ฉบับที่ 4 การผลิตชิ้นงาน มี 14 ข้อ และฉบับที่ 5 การนำเสนอผลงาน มี 16 ข้อ และแบบทดสอบวัดความเข้าใจ ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก 1 ฉบับ 40 ข้อ พบว่า 1) แบบสังเกตการปฏิบัติงาน จำนวน 5 ฉบับ ที่พัฒนาขึ้นค่าเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 7.022 ถึง 7.590 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และค่าเฉลี่ยของแบบสังเกตการปฏิบัติงาน ฉบับที่ 2 และฉบับที่ 4 มีค่า 17.022 และ 17.318 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าตั้งแต่ 0.86 ถึง 1.38 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตการปฏิบัติงาน ตั้งแต่ 0.630 ถึง 0.913 ค่าความเชื่อมั่น

ของผู้สังเกตให้คะแนน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.483 ถึง 0.847 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด มีค่าตั้งแต่ 0.508 ถึง 0.690 2) แบบทดสอบวัดความเข้าใจ จำนวน 1 ฉบับ ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.94 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่า 0.94 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด มีค่า 2.09 เมื่อนำไปทดลองใช้กับการวัด ภาคปฏิบัติครั้งที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ย 25.91 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่า 8.52 โดยสรุป แบบสังเกตการปฏิบัติงานและแบบทดสอบวัดความเข้าใจที่พัฒนาขึ้น เป็นเครื่องมือวัดผลทางการศึกษาที่สามารถวัดทักษะกระบวนการปฏิบัติและลักษณะนิสัยการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพ และเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยีวิชาช่างเชื่อม โลหะด้วยไฟฟ้า

ฐิติกานต์ คำปลิว (2555) ได้ศึกษาการสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จังหวัดระยอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชนิด คือ แบบสังเกตภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ 5 ฉบับ และแบบทดสอบวัดความเข้าใจการทดลองวิทยาศาสตร์ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก 1 ฉบับ จำนวน 25 ข้อ พบว่า การทดสอบครั้งที่ 1 แบบสังเกตภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน มีค่าตั้งแต่ .91 ถึง .97 และค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตภาคปฏิบัติมีค่าตั้งแต่ 0.43 ถึง 0.75 และแบบทดสอบความเข้าใจการทดลองวิทยาศาสตร์ 1 ฉบับ 5 ตอน จำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.00-0.50 จึง คัดเลือกไว้ 23 ข้อ และที่ต้องปรับปรุงจำนวน 7 ข้อ การทดสอบครั้งที่ 2 แบบสังเกตภาคปฏิบัติ ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน มีค่าตั้งแต่ .83 ถึง .98 และค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตภาคปฏิบัติมีค่าตั้งแต่ 0.61 ถึง 0.81 และ แบบทดสอบความเข้าใจการทดลองวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ได้ทำการคัดเลือกข้อสอบที่เข้าเกณฑ์ไว้ จำนวน 25 ข้อ ตัดทิ้ง 5 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.20-0.60 การทดสอบครั้งที่ 3 แบบสังเกตภาคปฏิบัติ ตั้งแต่ตอนที่ 1-5 มีคะแนนเต็มตอนละ 5 คะแนน ได้ค่าเฉลี่ย 2.40-2.44 ตามลำดับ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าตั้งแต่ 1.35-1.57 ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกตให้คะแนน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.92-0.98 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตภาคปฏิบัติมีค่าตั้งแต่ 0.86-0.92 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีค่าตั้งแต่ 0.42-0.49 และแบบทดสอบความเข้าใจการทดลองวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ย 15.74 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าตั้งแต่ 1.54-1.90 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.80 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.63-0.83 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน มีค่าตั้งแต่ 0.24-0.29 โดยสรุปเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้วัดภาคปฏิบัติการทดลองในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้

ศักดิ์ดา สาดา (2555) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง เรื่อง พลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือวัดภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้นมี 2 ชนิด คือ แบบสังเกตภาคปฏิบัติ จำนวน 4 ฉบับ และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ฉบับ พบว่า ผลการทดลองครั้งที่ 1 แบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติ การทดลอง ฉบับที่ 1 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.235 ถึง 0.670 ฉบับที่ 2 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.225 ถึง 0.575 ฉบับที่ 3 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.240 ถึง 0.700 ฉบับที่ 4 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.250 ถึง 0.513 และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ ค่าความยาก มีค่าตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.79 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.68 ผลการทดสอบครั้งที่ 2 แบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติการทดลอง ฉบับที่ 1 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.200 ถึง 0.575 ฉบับที่ 2 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.225 ถึง 0.500 ฉบับที่ 3 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.213 ถึง 0.950 ฉบับที่ 4 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.238 ถึง 0.563 และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.23 ถึง 0.79 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.78 ผลการทดสอบครั้งที่ 3 แบบสังเกตวัดภาคปฏิบัติการทดลอง ฉบับที่ 1 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.375 ถึง 0.675 ฉบับที่ 2 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.295 ถึง 0.675 ฉบับที่ 3 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.200 ถึง 0.575 ฉบับที่ 4 มีจำนวน 10 ข้อ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ตั้งแต่ 0.280 ถึง 0.763 และแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.42 ($\bar{X} = 21.42$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 6.92 ($S = 6.92$) ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (B) ตั้งแต่ 0.22 ถึง 0.76 ค่าความเชื่อมั่น (r_{cc}) ทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.82 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ในการวัด (SE_{mean}) มีค่าเท่ากับ 2.93 โดยสรุปเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ผ่านการทดลองใช้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน สามารถนำไปใช้วัดภาคปฏิบัติการทดลองในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้

พรทิพย์ ภูมิบ้านค้อ (2557) ได้ศึกษาการพัฒนาแบบวัดภาคปฏิบัติ เรื่อง การเชื่อมไฟฟ้า ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ เครื่องมือที่สร้างขึ้นคือ แบบวัดภาคปฏิบัติ เรื่อง การเชื่อมไฟฟ้า มี 2 ตอน ซึ่งประกอบด้วย ตอนที่ 1 แบบวัดกระบวนการปฏิบัติงาน จำนวน 5 ฉบับ เป็นแบบสังเกตการปฏิบัติงาน 54 ข้อ ตอนที่ 2 แบบวัดผลการปฏิบัติงาน เป็นแบบสังเกตผลการปฏิบัติงาน 6 ข้อ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และหาความตรงเชิงจำแนกโดยใช้ t-test (Independent Samples) พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติ มีความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณา ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 1.00

และแบบวัดภาคปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นมีค่าความตรงเชิงจำแนกของแบบวัดกระบวนการและแบบวัดผลการปฏิบัติงาน เท่ากับ 3.781 และ 4.049 ค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน 2 คน โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของแบบวัดกระบวนการปฏิบัติงาน และแบบวัดผลการปฏิบัติงาน มีค่าเท่ากับ 0.951 และ 0.926 ตามลำดับ

พงศธร ภัคดี (2558) ได้ศึกษาการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการเขียนโปรแกรมภาษาซี สาขาระเทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 เครื่องมือที่สร้างขึ้นคือ แบบวัดภาคปฏิบัติการเขียนโปรแกรมภาษาซี แบบชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ จำนวน 15 ข้อ พบว่า 1) แบบวัดภาคปฏิบัติการเขียนโปรแกรมภาษาซี สาขาระเทคโนโลยีสารสนเทศ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 วัดใน 3 ชั้น คือ ชั้นเตรียมการปฏิบัติ ชั้นกระบวนการปฏิบัติ และชั้นผลการปฏิบัติ มีค่าความเที่ยงตรง เท่ากับ 0.80 ถึง 1.00 2) แบบวัดภาคปฏิบัติการเขียนโปรแกรมภาษาซี สาขาระเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 มีค่าความยากง่ายรายข้อ เท่ากับ 0.32 ถึง 0.92 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ เท่ากับ 0.58 ถึง 0.83 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน เท่ากับ 0.97 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด เท่ากับ 0.95 และ 3) เกณฑ์ปกติในการแบ่งระดับความสามารถในการเขียนโปรแกรมภาษาซีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแบ่งเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง

งานวิจัยต่างประเทศ

ไอเยวารัน (Iyewarun, 1988) ได้สร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติในการเลี้ยงดูเด็ก ในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นและวิทยาลัยชุมชนในไอโอวา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และนักศึกษาวิทยาลัยชุมชนในไอโอวา จำนวน 84 คน ซึ่งได้ทำการทดสอบในปี ค.ศ. 1987 เครื่องมือเป็นแบบทดสอบ 5 ฉบับ โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงตามโครงสร้างและได้หาความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.610 ถึง 0.690 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค มีค่าอยู่ระหว่าง 0.665 ถึง 0.720 สำหรับค่าเฉลี่ยผลการทดสอบภาคปฏิบัติ มีค่าเท่ากับ 56.76 คิดเป็นร้อยละ 63 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.25

บัวแมน (Boorman, 1991) ได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะการปฏิบัติงานวิชาฟิสิกส์ ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 219 คน ซึ่งเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ จากโรงเรียนในชนบทและในเมือง ทั้งในโรงเรียนรัฐบาลและเอกชนในนิวยอร์ก ซึ่งได้ทดสอบในเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 1990 โดยใช้แบบทดสอบจำนวน 7 ฉบับ ซึ่งได้ตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นผู้ตรวจสอบปรากฏว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และความเที่ยงตรงตามโครงสร้างโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ 0.49 ส่วนความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหาโดยใช้สูตรวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

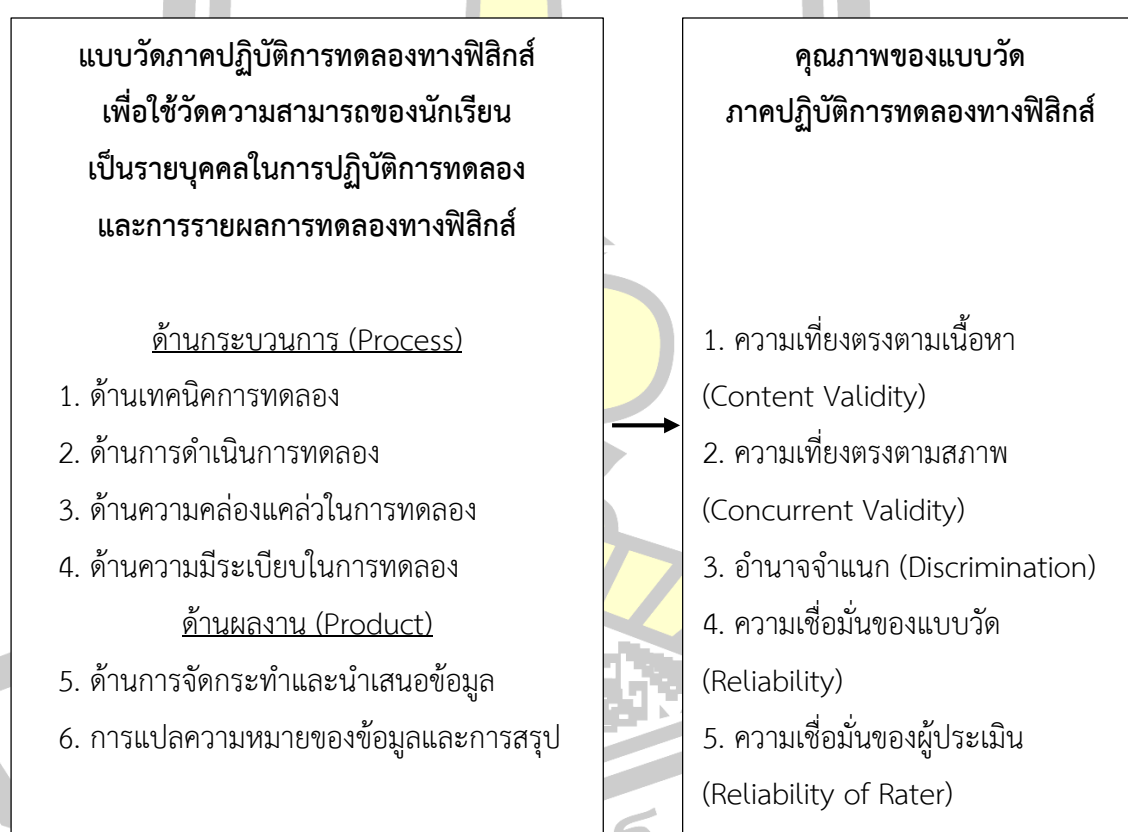
ไนท์ (Knight, 1992) ได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 5 ในมิชิแกน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนระดับ 5 จำนวน 37 คน ข้อทดสอบที่สร้างขึ้นมีจำนวน 26 ข้อ โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ปรากฏว่า ทุกข้อมีคะแนนเกิน 0.75 ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์แบบพอยท์ไบซีเรียล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.19 ถึง 0.74 ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกต 2 คน หาโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สันมีค่าเท่ากับ 0.78 ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบหาโดยใช้สูตร KR-20 มีค่าเท่ากับ 0.70

พราเดส และเอสพินา (Prades and Espinar, 2009) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาความพอเพียงของการประเมินปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยบาเซโลนา ประเทศสเปน จากผลการศึกษาพบว่ากลยุทธ์ของกระบวนการประเมินปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้สอนควรจะทำให้ผลที่ได้นั้นมีความตรงและความเชื่อมั่น คือ ทำการประเมินจากพื้นฐานข้อมูลที่หลากหลาย มีการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาประเมินทั้งจากการสังเกต การสัมภาษณ์และผลการทดลองที่นักเรียนได้ทำการบันทึกและสรุปผลไว้ นอกจากนี้ในการประเมินแต่ละครั้ง ควรใช้ผู้ประเมินหรือครูประเมิน 3 ท่าน ต่อ 1 กลุ่ม และสุดท้ายคะแนนที่นักเรียนจะได้ นั้นจะเป็นคะแนนเฉลี่ยของผู้ประเมินหรือครูทั้ง 3 ท่าน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติ พบว่าการวัดภาคปฏิบัติเป็นการวัดความสามารถในการปฏิบัติที่แท้จริงของผู้เรียนทั้งด้านกระบวนการและผลงานจากการปฏิบัติ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์อย่างมากในการวัดและประเมินผลการศึกษา แต่การศึกษาค้นคว้าวิจัยทางด้านนี้ยังไม่แพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์โดยตรงมีน้อยมาก และจากการศึกษางานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติดังกล่าวจะต้องหาคุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ความเที่ยงตรง อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น และความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน ดังนั้นการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติ การทดลองทางฟิสิกส์ครั้งนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองทางฟิสิกส์ ในหน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) เพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละระดับได้อย่างชัดเจน สามารถกำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละส่วนแยกจากกันได้ และประยุกต์ใช้หลักการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของภพ เลหาไพบุลย์ และสุนีย์ คล้ายนิล ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) กล่าวคือ ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกตในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอ

ข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายผลการทดลองของนักเรียน และหาคุณภาพของเครื่องมือด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบ ความเที่ยงตรงตามสภาพ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน หาค่าอำนาจจำแนก โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์ของเพียร์สัน และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ทั้งนี้เพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีคุณภาพ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในวิจัย การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 จำนวน 3,439 คน จาก 55 โรงเรียน

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 จำนวน 62 คน จาก 2 โรงเรียน ๆ ละ 1 ห้อง คือ โรงเรียนอนุกุลนารี และโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

หลักเกณฑ์ในการเลือกโรงเรียนที่จะเป็นกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

1. เป็นโรงเรียนที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกัน นักเรียนมีความรู้ความสามารถใกล้เคียงกัน และมีความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และอุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์
 2. เป็นโรงเรียนที่มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนใกล้เคียงกัน มีหลักสูตรและหนังสือประกอบการเรียนการสอนเป็นแนวทางเดียวกัน
 3. เป็นโรงเรียนที่ผู้บริหารโรงเรียนและคณะครูให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย
 4. เป็นโรงเรียนที่มีจำนวนนักเรียนเพียงพอแก่การเก็บรวบรวมข้อมูล
- กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ปราบกฏดังตาราง 13

ตาราง 13 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

โรงเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
โรงเรียนอนุกุลนารี	30
โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร	32
รวม	62

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้สำหรับวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการแสดงผล การทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ และฉบับที่ 3 การทดลอง หาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ โดยใช้เกณฑ์การให้ คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) และแบบวัดแต่ละฉบับมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกต ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายผลการทดลอง ของนักเรียน

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอน ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ แต่ละขั้นตอนมีดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยทำการศึกษาทฤษฎี หลักการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้วกำหนดประเด็นที่ต้องการวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองในแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้หลักการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของภพ เลหาทไพบูลย์ และสุนีย์ คล้ายนิล โดยแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกต ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

1.2 ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลองของนักเรียน

2. วิเคราะห์งานและเลือกงานที่เป็นตัวแทน ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์สาระฟิสิกส์ในหลักสูตรกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หนังสือคู่มือครู และเนื้อหาในหนังสือเรียนฟิสิกส์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมด 3 หน่วยการเรียนรู้ ดังนี้

2.1 หน่วยการเรียนรู้ เสียง

2.2 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้าสถิต

2.3 หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง

วิเคราะห์ว่ามีเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้เกิดทักษะภาคปฏิบัติการทดลอง จากนั้นคัดเลือกเนื้อหาที่ต้องการใช้ในการสร้างแบบวัด ซึ่งจากการวิเคราะห์พฤติกรรมตามหน่วยการเรียนรู้และเลือกเนื้อหาที่เป็นตัวแทนของการทดลองทางฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งได้หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มุ่งหวังให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าและกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันของนักเรียน ในด้านความประหยัด คุ่มค่า และปลอดภัยจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีเนื้อหาทั้งหมดดังนี้

1. กระแสไฟฟ้า

2. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์

3. พลังงานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

4. แบตเตอรี่และวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเบื้องต้น

5. พลังงานไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและเทคโนโลยี

จากการวิเคราะห์และคัดเลือกเนื้อหาที่ต้องใช้กิจกรรมการปฏิบัติการทดลองในการจัดการเรียนการสอนโดยเฉพาะ ซึ่งมีการทดลอง 3 เรื่อง ได้แก่ การทดลองกฎของโอห์ม การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร และการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน ผู้วิจัยทำการเขียนนิยามเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับความสามารถในการปฏิบัติการทดลองและรายการประเมินของการทดลองทั้ง 3 เรื่อง โดยให้สอดคล้องกับวิธีปฏิบัติการทดลองตามหนังสือเรียนฟิสิกส์ เล่ม 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปรากฏดังตาราง 14-16

ตาราง 14 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองกฎของโอห์ม)

ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านกระบวนการ (Process)		
1. ด้านเทคนิคการทดลอง	1. ความสามารถในการเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองกฎของโอห์มได้อย่างถูกต้อง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองกฎของโอห์มได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระเบาะ 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ 5) ลวดนิโครม
2. ด้านการดำเนินการทดลอง	2. ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองกฎของโอห์มแต่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้องตามวิธีการทดลอง	2. การต่อสายไฟ ลวดนิโครมและแบตเตอรี่เข้าด้วยกันให้เป็นวงจรปิดได้อย่างถูกต้อง

ตาราง 14 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		3. การต่อสายไฟและแอมมิเตอร์เข้าด้วยกันแล้วนำไปต่อแบบอนุกรมกับวงจร และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง 4. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อแบบขนานกับวงจร และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครมจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
3. ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง	3. ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองกฎของโอห์มด้วยความคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลาที่กำหนด	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่วและเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้
4. ด้านความมีระเบียบในการทดลอง	4. ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองกฎของโอห์มอย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย ติดตั้งเครื่องมือเรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่เรียบร้อย โต๊ะปฏิบัติการสะอาดเรียบร้อย	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวก ในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง 7. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น

ตาราง 14 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านผลงาน (Product)		
5. ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล	5. ความสามารถในการนำเสนอผลการทดลองกฎของโอห์มด้วยตารางและเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม โดยต้องประกอบด้วยจำนวนแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้กระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนตั้ง และความต่างศักย์อยู่บนแกนนอน
6. ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป	6. ความสามารถในการแปลความหมายของข้อมูลและสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้องตามกฎของโอห์ม	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครม ($I \propto V$ หรือ $I = kV$) 11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $I = kV$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ว่า $k = 1/R$ และเรียก ค่า R นี้ว่า ความต้านทาน (Resistance)

ตาราง 15 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร)

ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านกระบวนการ (Process)		
1. ด้านเทคนิคการทดลอง	1. ความสามารถในการเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ <ol style="list-style-type: none"> 1) ตัวต้านทาน 2) แบตเตอรี่พร้อมกระเบาะ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ
2. ด้านการดำเนินการทดลอง	2. ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร แต่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้อง ตามวิธีการทดลอง	2. การต่อปลายข้างหนึ่งของตัวต้านทานทุกตัวเข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อสายไฟกับขั้วลบของแบตเตอรี่ เพื่อไว้สำหรับต่อกับปลายที่เหลืออีกข้างของตัวต้านทานแต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง 3. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

ตาราง 15 (ต่อ)

ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		4. การใช้สายไฟเส้นที่ต่ออยู่กับขั้วลบ ของแบตเตอรี่ต่อเข้ากับปลายที่เหลือ ของตัวต้านทานทีละตัว และอ่านค่า ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ จากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง
3. ด้านความ คล่องแคล่ว ในการทดลอง	3. ความสามารถในการปฏิบัติ การทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์ระหว่าง ขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า ในวงจร ด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความ คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่ กำหนดได้
4. ด้านความมีระเบียบ ในการทดลอง	4. ความสามารถในการปฏิบัติ การทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์ระหว่าง ขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า ในวงจรอย่างเป็นระเบียบ เรียบร้อย ติดตั้งเครื่องมือ เรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือ เข้าที่เรียบร้อย โต๊ะปฏิบัติการ สะอาดเรียบร้อย	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวาง อุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวก ในขณะปฏิบัติการทดลอง 7. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ หลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 15 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านผลงาน (Product)		
5. ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล	5. ความสามารถในการนำเสนอผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจรด้วยตาราง และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วยความต้านทานที่ต่อกับแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่อยู่บนแกนตั้ง และกระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนนอน
6. ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป	6. ความสามารถในการแปลความหมายของข้อมูลและสรุปผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้อย่างถูกต้อง	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยความต่างศักย์ระหว่างขั้วเพิ่มขึ้น แต่กระแสไฟฟ้าลดลง ($y = -ax + b$) 11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $y = -ax + b$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ว่าความชันของกราฟ คือค่าติดลบของความต้านทานภายใน และจุดตัด คือ จุดที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่

ตาราง 16 การวิเคราะห์นิยามเชิงปฏิบัติการและรายการประเมิน (การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่)

ความสามารถในการปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านกระบวนการ (Process)		
1. ด้านเทคนิคการทดลอง	1. ความสามารถในการเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้อง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระเบ 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) ตัวต้านทาน 5) สายไฟพร้อมปากหนีบ
2. ด้านการดำเนินการทดลอง	2. ความสามารถในการดำเนินการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่แต่ละขั้นตอนได้อย่างถูกต้องตามวิธีการทดลอง	2. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่และต่อขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่และอ่านค่าอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง 3. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมกันแล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		<p>4. การต่อแบตเตอรี่แบบขนานกัน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบขนานจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง</p> <p>5. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกันต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) ก้อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง</p> <p>6. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกันต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ก้อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง</p> <p>7. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานกันต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) ก้อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง</p>

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		8. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้โวลต์ มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่าง ขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ก้อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง
3. ด้านความ คล่องแคล่ว ในการทดลอง	3. ความสามารถในการปฏิบัติ การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูล และความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ ด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้	9. การปฏิบัติการทดลองด้วยความ คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่ กำหนดได้
4. ด้านความมีระเบียบ ในการทดลอง	4. ความสามารถในการปฏิบัติ การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูล และความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย ติดตั้งเครื่องมือเรียบร้อย เก็บอุปกรณ์เครื่องมือ เข้าที่เรียบร้อย โต๊ะปฏิบัติการ สะอาดเรียบร้อย	10. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวาง อุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวก ในขณะปฏิบัติการทดลอง 11. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ หลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
ด้านผลงาน (Product)		
5. ด้านการจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	5. ความสามารถในการ นำเสนอผลการทดลองหา ไอเอ็มเอฟสมมูลและความ ต้านทานภายในสมมูลของ แบตเตอรี่ด้วยตาราง และ คำนวณหาความต้านทาน ภายในของแบตเตอรี่ได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสม	<p>12. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาไอเอ็มเอฟสมมูล ได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้อง ประกอบด้วยแบตเตอรี่ ค่าไอเอ็มเอฟของ แบตเตอรี่แต่ละก้อน และค่าไอเอ็มเอฟ สมมูลของแบตเตอรี่ และบันทึกข้อมูล ถูกต้องครบถ้วน</p> <p>13. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม ได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้อง ประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน</p> <p>14. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน ได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้อง ประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทาน ภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน</p> <p>15. การคำนวณหาค่าความต้านทาน ภายในและความต้านทานภายในสมมูล ของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมได้อย่าง ถูกต้อง</p>

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		16. การคำนวณหาค่าความต้านทานภายในและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานได้อย่างถูกต้อง
6. ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป	6. ความสามารถในการแปลความหมายของข้อมูลและสรุปผลการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ได้อย่างถูกต้อง	<p>17. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมทำให้อีเอ็มเอฟสมมูลเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับผลบวกของอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่ที่นำมาต่อกัน ส่วนการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลจะมีค่าเท่ากับอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อน</p> <p>18. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกของความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่แต่ละก้อน และความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน</p>

ตาราง 16 (ต่อ)

ความสามารถในการปฏิบัติกรทดลอง	นิยามเชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน
		19. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบขนานกระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่แต่ละก้อน และส่วนกลับความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกของส่วนกลับความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน

4. เขียนแบบวัดภาคปฏิบัติและระบุเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยดำเนินการเขียนแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และระบุเกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) ทั้ง 3 ฉบับ โดยแบบวัดภาคปฏิบัติฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม มีรายการประเมินจำนวน 11 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร มีรายการประเมินจำนวน 11 ข้อ คะแนนรวม 20 คะแนน และฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ มีรายการประเมินจำนวน 19 ข้อ คะแนนรวม 34 คะแนน

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบวัดภาคปฏิบัติ โดยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ และความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความสอดคล้อง (ตัวอย่างอยู่ในภาคผนวก ข) และขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ดังนี้

5.1 รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและวิจัยการศึกษา

5.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล วรคำ อาจารย์สาขาวิชาวิจัยและประเมินผล การศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและวิจัยการศึกษา

5.3 อาจารย์ ดร.อพันธ์ พูลพุดธา อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนา การศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญด้านวัดผลและวิจัยการศึกษา

5.4 อาจารย์ ดร.ธาทิพย์ จันทรมิระ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

5.5 อาจารย์นฤชา แก้วเสนห์ ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนอนุคุณนารี สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ซึ่งในการประเมินความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิง ปฏิบัติการ และความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน โดยกำหนดคะแนน ของผู้เชี่ยวชาญเป็น +1 หรือ 0 หรือ -1 ดังนี้

- กา ✓ ในช่อง +1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้อง
- กา ✓ ในช่อง 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้อง
- กา ✓ ในช่อง -1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นไม่สอดคล้อง

หลังจากผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องแล้วนำผลการพิจารณามาค่า ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยคัดเลือกข้อรายการที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.50 ถึง 1.00 ไว้ ซึ่งพบว่า ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการของการทดลอง ทั้ง 3 เรื่อง มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่าง รายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.80-1.00 (รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค) และผู้วิจัยได้ปรับปรุง แก้ไขเกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในรายการประเมินการทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น ทั้ง 3 ฉบับ กล่าวคือ จากเดิม ได้ 0 คะแนน เมื่อไม่ทำความสะอาดพื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ เป็น ได้ 0 คะแนน เมื่อไม่ทำความสะอาดพื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ หรือทำไม่เรียบร้อย

6. สร้างแบบวัดภาคปฏิบัติและทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 ผู้วิจัยสร้างแบบวัด ภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ และนำไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน เพื่อหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติการทดลองและการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง ทางฟิสิกส์ เช่น การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลอง ความเหมาะสมของเวลาในการ ปฏิบัติการทดลอง การใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ตรงของแบบวัดภาคปฏิบัติ เป็นต้น โดยก่อนการ

ปฏิบัติการทดลองผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และเกณฑ์การให้คะแนนแก่นักเรียนจนเข้าใจ แล้วจึงให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และผู้วิจัยเป็นคนให้คะแนนโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

จากการทดลองใช้ (Try out) แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ครั้งที่ 1 พบว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยในการใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองบางชิ้น แต่นักเรียนทุกคนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ทันตามเวลาที่กำหนด แสดงว่าเวลาในการปฏิบัติการทดลองมีความเหมาะสม และภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ตรง แต่ยังมีข้อผิดพลาดสำคัญบางประการในการเขียนรายงานผลการทดลองของนักเรียน เช่น ขาดการคำนวณหาค่าความต้านทาน (resistance ; R) และการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองกฎของโอห์ม การเขียนสมการเชิงเส้นตรงและการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มรายละเอียดดังกล่าวลงในแบบรายงานผลการทดลองให้ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น

7. จัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติและทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยจัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ และนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 33 คน และมีผู้ประเมินให้คะแนน 2 คน คือ ผู้วิจัยและนางรุ่งฤดี มาตนาเรียง ครูชำนาญการพิเศษ ครูผู้สอนสอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ โดยก่อนการปฏิบัติการทดลองผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และเกณฑ์การให้คะแนนแก่นักเรียนและครูผู้สอนจนเข้าใจ แล้วจึงให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และประเมินให้คะแนน

8. วิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ เพื่อปรับปรุงแก้ไข หลังจากการทดลองใช้ (Try out) แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ครั้งที่ 2 แล้วนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน แล้วคัดเลือกข้อรายการที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัดภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.778 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.421 ถึง 0.754 และฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.401 ถึง 0.646 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ทุกข้อมีอำนาจจำแนกทุกฉบับ เมื่อหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่า ค่าความเชื่อมั่น ของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.981 ฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.983 และฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.989

ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกฉบับ แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทุกฉบับ และเมื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (α -Cronbach) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.891 ฉบับที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.898 และฉบับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.911 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีค่าความเชื่อมั่นทุกฉบับ ดังนั้นจึงสามารถนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ไปใช้ในการทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติต่อไป

9. จัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติและใช้ในการทดสอบ ผู้วิจัยจัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ทั้ง 3 ฉบับ และนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ไปใช้ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 62 คน คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุกุลนารี จำนวน 30 คน และมีผู้ประเมินให้คะแนน 2 คน คือ ผู้วิจัยและนายมณี อิมเจือ ครูชำนาญการพิเศษ ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุกุลนารี และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 32 คน และมีผู้ประเมินให้คะแนน 2 คน คือ ผู้วิจัยและนายวัชรานนท์ ลาบัง ครูชำนาญการพิเศษ ครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร โดยก่อนการปฏิบัติการทดลองผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และเกณฑ์การให้คะแนนแก่นักเรียนและครูผู้สอนจนเข้าใจ แล้วจึงให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์และประเมินให้คะแนนเช่นกัน

10. วิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน และความเชื่อมั่นของแบบวัด เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยใช้วิธีหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (α -Cronbach) และหาค่าสถิติพื้นฐาน

11. จัดทำคู่มือการใช้และจัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติเป็นรูปเล่ม ผู้วิจัยจัดทำคู่มือการใช้และจัดพิมพ์แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ

จากการนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองใช้ (Try out) และใช้ในการทดสอบในแต่ละครั้ง สรุปลำดับดังตาราง 17

ตาราง 17 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ไปทดลองใช้ (Try out) และใช้ในการทดสอบ

รายการ	การวิเคราะห์ข้อมูล
การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 เพื่อหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติการทดลองและการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และปรับปรุงแก้ไข	<ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลอง 2. ความเหมาะสมของเวลาในการปฏิบัติการทดลอง 3. การใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ตรง
การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 เพื่อปรับปรุงแก้ไข	<ol style="list-style-type: none"> 1. ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 2. ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน 3. ความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ
การทดสอบ เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ 2. ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ 3. ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน 4. ความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ 5. ค่าสถิติพื้นฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยจากแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ดังนี้

1. นำหนังสือจากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง

2. ติดต่อประสานงานและขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียน และครูผู้สอนของโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดวันเวลาและสถานที่ในการนำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ไปใช้ทดสอบในแต่ละครั้ง โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดี และชี้แจงการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์กับผู้ร่วมประเมินด้วย

3. นำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จำนวน 5 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติการทดลองและการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ แล้วทำการปรับปรุงแก้ไข และทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำผลมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด เพื่อปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ไปใช้ในการทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุคุณนารี จำนวน 30 คน และโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 32 คน รวมทั้งหมด 62 คน นำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด และค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้
วิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ได้แก่ ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพ ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน และค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ และหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

พูน ปรน ทิโต ชีเว

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยหาค่าทางสถิติ ดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย คำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

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

เมื่อ \bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนคนในกลุ่ม

1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

\sum แทน ผลรวม

พูนุ ปณุกิตโต ชีเว

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

2.1 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติ โดยพิจารณาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ และดัชนีสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนนตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้สูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ หรือรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน
 $\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 ความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัด
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบวัดของนักเรียน
 $\sum Y$ แทน ผลรวมของค่าเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบวัดของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง
 $\sum Y^2$ แทน ผลรวมของค่าเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนแต่ละคนยกกำลังสอง
 $\sum XY$ แทน ผลรวมของผลคูณระหว่างคะแนนจากแบบวัดกับค่าเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์
 N แทน จำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

2.3 ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน
ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนชุด X กับชุด Y
 $\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X
 $\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X แต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน X และ Y แต่ละคู่คูณกัน
 N แทน จำนวนคนทั้งหมด

2.4 ความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติ โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค
(α -Cronbach) จากสูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2560)

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

เมื่อ α แทน ความเชื่อมั่นของแบบวัด
 n แทน จำนวนข้อของแบบวัดทั้งหมด
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรายข้อ
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

พหุ ประถมศึกษา

2.5 ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติ ใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายชื่อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน (r_{XY}) ดังนี้ (คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2561)

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายชื่อกับคะแนนรวม
 $\sum X$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนรวม
 $\sum Y$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนรายชื่อ
 $\sum X^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนรวมแต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum Y^2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนรายชื่อแต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum XY$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนรวมและคะแนนรายชื่อแต่ละคู่คูณกัน
 N แทน จำนวนคนทั้งหมด

การตัดสินใจโดยเปิดตาราง r_{XY} ที่ $\alpha = .05$ (หางเดียว) $df = N-2$ ค่า r_{XY} คำนวณมากกว่า r_{XY} ตาราง แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนก

พูน ปณ ทิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อความสะดวกและความเข้าใจที่ตรงกัน ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการแปลความหมายผลการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียน
k	แทน	จำนวนข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
\bar{X}	แทน	คะแนนเฉลี่ยของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
r_{XY1}	แทน	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติ ใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation)
r_{XY2}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน
r_{XY3}	แทน	ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการสร้างและการหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ดังนี้

1. ผลการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
- 1.1 ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

- 1.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
 - 1.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - 1.2.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้

คะแนน

- 1.3 การทดลองใช้ (Try out)
 - 1.3.1 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1
 - 1.3.2 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2
 - 1.3.2.1 ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
 - 1.3.2.2 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน
 - 1.3.2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

2. ผลการหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้

ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

- 2.1 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
- 2.2 ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
- 2.3 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน
- 2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
- 2.5 ค่าสถิติพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้

ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1.1 ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นเครื่องมือวัด

ความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) โดยประยุกต์ใช้หลักการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของภพ เลหาไพบูลย์ และสุนีย์ คล้ายนิล ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) กล่าวคือ ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกต ในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัด

กระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัย การตรวจรายผลการทดลองของนักเรียน มีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 การทดลอง กฎของโอห์ม มีจำนวน 11 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 7 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 2 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 2 ข้อ

1.1.2 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2 การทดลองหา ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร มีจำนวน 11 ข้อ มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 7 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 2 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 2 ข้อ

1.1.3 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3 การทดลองหา อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ มีจำนวน 19 ข้อ มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 11 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 7 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 8 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 5 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 3 ข้อ

1.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการและความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน มีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกข้อมีค่าเป็น 1.00

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกข้อมีค่าเป็น 1.00

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกข้อมีค่าเป็น 1.00

1.2.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.80-1.00

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.80 -1.00

ผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.80-1.00

1.3 การทดลองใช้ (Try out)

1.3.1 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้นำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้น ทั้ง 3 ฉบับ ไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่ นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน เพื่อหาข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติการทดลองและการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า

นักเรียนยังไม่คุ้นเคยในการใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองบางชิ้น แต่นักเรียนทุกคนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ทันตามเวลาที่กำหนด แสดงว่า เวลาในการปฏิบัติการทดลองมีความเหมาะสมดี และภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ตรง แต่ยังมีขาดรายละเอียดสำคัญบางประการในการเขียนรายงานผลการทดลองของนักเรียน เช่น ขาดการคำนวณหาค่าความต้านทาน (Resistance ; R) และการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองกฎของโอห์ม การเขียนสมการเชิงเส้นตรงและการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มรายละเอียดดังกล่าวลงในแบบรายงานผลการทดลองให้ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น

1.3.2 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้นำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้น ทั้ง 3 ฉบับ ไปทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ที่ไม่ใช่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 33 คน และมีผู้วิจัยและครูผู้สอนเป็นผู้ประเมินให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน หาค่าค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยผู้วิจัยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (α -Cronbach) มีรายละเอียดดังนี้

1.3.2.1 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 18

ตาราง 18 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการทดลองใช้ (Try out)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r_{xy1})								
	ฉบับที่ 1			ฉบับที่ 2			ฉบับที่ 3		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
1	0.544*	0.549*	0.546*	0.518*	0.521*	0.520*	0.481*	0.460*	0.470*
2	0.649*	0.650*	0.649*	0.610*	0.580*	0.595*	0.564*	0.552*	0.558*
3	0.743*	0.784*	0.764*	0.735*	0.719*	0.727*	0.655*	0.635*	0.645*

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r_{xy1})								
	ฉบับที่ 1			ฉบับที่ 2			ฉบับที่ 3		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
4	0.766*	0.790*	0.778*	0.738*	0.769*	0.754*	0.614*	0.590*	0.602*
5	0.628*	0.609*	0.618*	0.652*	0.684*	0.668*	0.648*	0.644*	0.646*
6	0.392*	0.409*	0.400*	0.433*	0.490*	0.462*	0.648*	0.631*	0.640*
7	0.356*	0.345*	0.350*	0.407*	0.436*	0.421*	0.587*	0.599*	0.593*
8	0.652*	0.699*	0.676*	0.632*	0.675*	0.654*	0.598*	0.666*	0.632*
9	0.669*	0.622*	0.646*	0.654*	0.663*	0.658*	0.562*	0.584*	0.573*
10	0.659*	0.614*	0.650*	0.690*	0.706*	0.698*	0.437*	0.418*	0.427*
11	0.650*	0.641*	0.632*	0.702*	0.719*	0.710*	0.404*	0.398*	0.401*
12	-	-	-	-	-	-	0.554*	0.459*	0.507*
13	-	-	-	-	-	-	0.593*	0.618*	0.606*
14	-	-	-	-	-	-	0.547*	0.466*	0.507*
15	-	-	-	-	-	-	0.590*	0.585*	0.587*
16	-	-	-	-	-	-	0.570*	0.552*	0.561*
17	-	-	-	-	-	-	0.598*	0.644*	0.621*
18	-	-	-	-	-	-	0.576*	0.540*	0.558*
19	-	-	-	-	-	-	0.561*	0.540*	0.550*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 18 พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการประเมินของผู้วิจัย ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.356 ถึง 0.766 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.407 ถึง 0.738 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.404 ถึง 0.655 จากการประเมินของครูผู้สอน ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.345 ถึง 0.790 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.436 ถึง 0.769 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.398 ถึง 0.666 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัด ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.778 ฉบับที่ 2

มีค่าตั้งแต่ 0.421 ถึง 0.754 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.401 ถึง 0.646 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อทั้ง 3 ฉบับ

1.3.2.2 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 19

ตาราง 19 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์จากการทดลองใช้ (Try out)

ฉบับที่	ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน (r_{xy2})
1	0.981*
2	0.983*
3	0.989*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 19 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.981 ถึง 0.989 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 20

ตาราง 20 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการทดลองใช้ (Try out)

ฉบับที่	ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (α)		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
1	0.891	0.891	0.891
2	0.894	0.901	0.898
3	0.913	0.908	0.911

จากตาราง 20 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.913 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.908 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.911

2. ผลการหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้นำแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ ไปใช้ในการทดสอบ กับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอนุกุลนารี จำนวน 30 คน และโรงเรียน ยางตลาดวิทยาคาร จำนวน 32 คน รวมทั้งหมด 62 คน โดยมีผู้วิจัยและครูผู้สอนโรงเรียนละ 1 คน เป็นผู้ประเมินให้คะแนน แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัด ภาคปฏิบัติ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ย วิชาฟิสิกส์ของนักเรียน หาค่าอำนาจรายข้อโดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับ คะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน หาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน หาค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (α -Cronbach) และหาค่าสถิติพื้นฐาน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

ฉบับที่	ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัด (r_{xy})		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
1	0.936*	0.917*	0.927*
2	0.946*	0.938*	0.942*
3	0.958*	0.956*	0.957*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 21 พบว่า ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง ทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.936 ถึง 0.958 จากการประเมิน

ของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.917 ถึง 0.956 และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพเฉลี่ยของ
แบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.927 ถึง 0.957 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังตาราง 22

ตาราง 22 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r_{XY1})								
	ฉบับที่ 1			ฉบับที่ 2			ฉบับที่ 3		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
1	0.629*	0.615*	0.622*	0.521*	0.526*	0.523*	0.559*	0.584*	0.571*
2	0.661*	0.683*	0.672*	0.598*	0.615*	0.607*	0.634*	0.645*	0.639*
3	0.742*	0.735*	0.739*	0.731*	0.718*	0.724*	0.637*	0.637*	0.637*
4	0.713*	0.712*	0.712*	0.696*	0.670*	0.683*	0.627*	0.632*	0.630*
5	0.650*	0.655*	0.652*	0.741*	0.736*	0.739*	0.754*	0.751*	0.753*
6	0.529*	0.539*	0.534*	0.554*	0.574*	0.564*	0.641*	0.636*	0.638*
7	0.462*	0.426*	0.444*	0.490*	0.508*	0.499*	0.700*	0.706*	0.703*
8	0.640*	0.661*	0.650*	0.590*	0.660*	0.625*	0.658*	0.670*	0.664*
9	0.661*	0.632*	0.647*	0.652*	0.650*	0.651*	0.666*	0.677*	0.671*
10	0.725*	0.643*	0.684*	0.719*	0.690*	0.705*	0.521*	0.550*	0.535*
11	0.692*	0.653*	0.673*	0.780*	0.702*	0.741*	0.426*	0.435*	0.431*
12	-	-	-	-	-	-	0.607*	0.627*	0.617*
13	-	-	-	-	-	-	0.677*	0.627*	0.652*
14	-	-	-	-	-	-	0.596*	0.592*	0.594*
15	-	-	-	-	-	-	0.574*	0.567*	0.571*
16	-	-	-	-	-	-	0.621*	0.629*	0.625*
17	-	-	-	-	-	-	0.529*	0.591*	0.560*
18	-	-	-	-	-	-	0.598*	0.694*	0.646*
19	-	-	-	-	-	-	0.578*	0.688*	0.633*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 22 พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ จากการประเมินของผู้วิจัย ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.462 ถึง 0.742 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.490 ถึง 0.780 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.754 จากการประเมินของครูผู้สอน ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.735 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.508 ถึง 0.736 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.435 ถึง 0.751 และค่าอำนาจจำแนกรายชื่อเฉลี่ยของแบบวัด ฉบับที่ 1 มีค่าตั้งแต่ 0.444 ถึง 0.739 ฉบับที่ 2 มีค่าตั้งแต่ 0.499 ถึง 0.741 ฉบับที่ 3 มีค่าตั้งแต่ 0.431 ถึง 0.753 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อทั้ง 3 ฉบับ

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดัง ตาราง 23

ตาราง 23 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

ฉบับที่	ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน (r_{XY2})
1	0.987*
2	0.988*
3	0.990*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 23 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.987 ถึง 0.990 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏดังตาราง 24

พูน ปรณ ทิโต ชิว

ตาราง 24 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

ฉบับที่	ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัด (α)		
	ผู้วิจัย	ครูผู้สอน	เฉลี่ย
1	0.905	0.900	0.903
2	0.904	0.903	0.904
3	0.928	0.933	0.931

จากตาราง 24 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.904 ถึง 0.928 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.900 ถึง 0.933 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.903 ถึง 0.931

2.5 ค่าสถิติพื้นฐาน ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ปรากฏดังตาราง 25

ตาราง 25 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

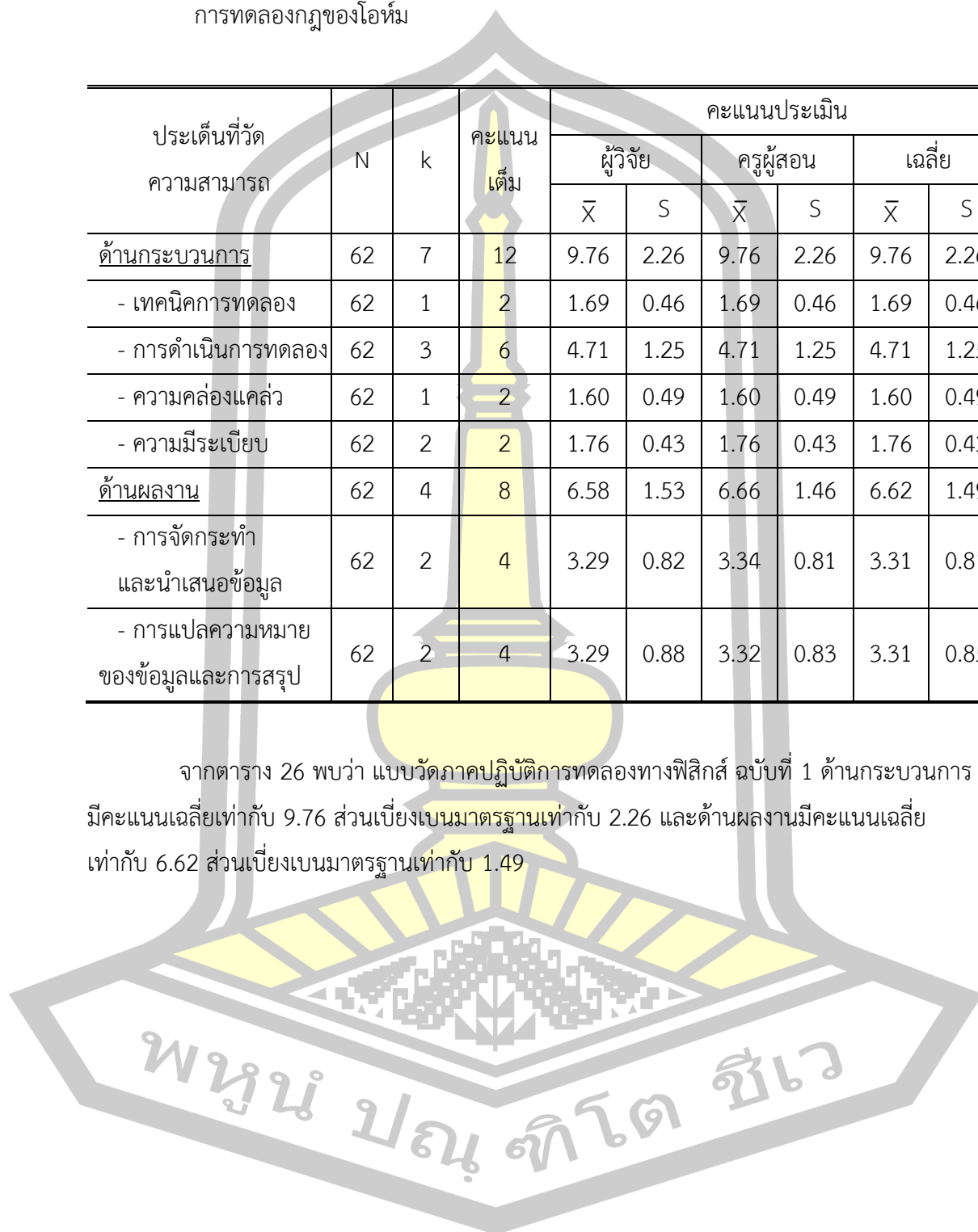
ฉบับที่	N	k	คะแนนเต็ม	คะแนนประเมิน					
				ผู้วิจัย		ครูผู้สอน		เฉลี่ย	
				\bar{x}	S	\bar{x}	S	\bar{x}	S
1	62	11	20	16.34	3.63	16.42	3.56	16.38	3.58
2	62	11	20	16.32	3.64	16.27	3.64	16.30	3.62
3	62	19	34	27.45	5.87	27.44	6.00	27.44	5.91

จากตาราง 25 พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 16.38 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.58 ฉบับที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.30 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.62 และฉบับที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 27.44 ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน เท่ากับ 5.91

ตาราง 26 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1
การทดลองกฎของโอห์ม

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	N	k	คะแนน เต็ม	คะแนนประเมิน					
				ผู้วิจัย		ครูผู้สอน		เฉลี่ย	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
<u>ด้านกระบวนการ</u>	62	7	12	9.76	2.26	9.76	2.26	9.76	2.26
- เทคนิคการทดลอง	62	1	2	1.69	0.46	1.69	0.46	1.69	0.46
- การดำเนินการทดลอง	62	3	6	4.71	1.25	4.71	1.25	4.71	1.25
- ความคล่องแคล่ว	62	1	2	1.60	0.49	1.60	0.49	1.60	0.49
- ความมีระเบียบ	62	2	2	1.76	0.43	1.76	0.43	1.76	0.43
<u>ด้านผลงาน</u>	62	4	8	6.58	1.53	6.66	1.46	6.62	1.49
- การจัดการกระทำ และนำเสนอข้อมูล	62	2	4	3.29	0.82	3.34	0.81	3.31	0.81
- การแปลความหมาย ของข้อมูลและการสรุป	62	2	4	3.29	0.88	3.32	0.83	3.31	0.85

จากตาราง 26 พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 ด้านกระบวนการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.26 และด้านผลงานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.62 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.49



ตาราง 27 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2
การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า
ในวงจร

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	N	k	คะแนน เต็ม	คะแนนประเมิน					
				ผู้วิจัย		ครูผู้สอน		เฉลี่ย	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
<u>ด้านกระบวนการ</u>	62	7	12	9.73	2.26	9.73	2.26	9.73	2.26
- เทคนิคการทดลอง	62	1	2	1.81	0.40	1.81	0.40	1.81	0.40
- การดำเนินการทดลอง	62	3	6	4.73	1.23	4.73	1.23	4.73	1.23
- ความคล่องแคล่ว	62	1	2	1.53	0.50	1.53	0.50	1.53	0.50
- ความมีระเบียบ	62	2	2	1.66	0.65	1.66	0.65	1.66	0.65
<u>ด้านผลงาน</u>	62	4	8	6.60	1.53	6.55	1.52	6.57	1.52
- การจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	62	2	4	3.26	0.81	3.29	0.82	3.27	0.81
- การแปลความหมาย ของข้อมูลและการสรุป	62	2	4	3.34	0.85	3.26	0.89	3.30	0.86

จากตาราง 27 พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2 ด้านกระบวนการ
มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.73 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.26 และด้านผลงานมีคะแนนเฉลี่ย
เท่ากับ 6.57 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.52

พหุ ประถมศึกษา

ตาราง 28 ค่าสถิติพื้นฐานแยกเป็นรายด้านของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3
การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	N	k	คะแนน เต็ม	คะแนนประเมิน					
				ผู้วิจัย		ครูผู้สอน		เฉลี่ย	
				\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
<u>ด้านกระบวนการ</u>	62	11	20	16.05	3.66	16.05	3.66	16.05	3.66
- เทคนิคการทดลอง	62	1	2	1.74	0.44	1.74	0.44	1.74	0.44
- การดำเนินการทดลอง	62	7	14	11.15	2.62	11.15	2.62	11.15	2.62
- ความคล่องแคล่ว	62	1	2	1.58	0.50	1.58	0.50	1.58	0.50
- ความมีระเบียบ	62	2	2	1.58	0.76	1.58	0.76	1.58	0.76
<u>ด้านผลงาน</u>	62	8	14	11.40	2.60	11.39	2.64	11.40	2.61
- การจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	62	5	8	6.60	1.63	6.60	1.63	6.60	1.63
- การแปลความหมาย ของข้อมูลและการสรุป	62	3	6	4.81	1.14	4.79	1.16	4.80	1.15

จากตาราง 28 พบว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3 ด้านกระบวนการ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.05 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.66 และด้านผลงานมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.61



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยสรุปผลตามหัวข้อต่อไปนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สรุปผล

1. การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สรุปผลได้ดังนี้

1.1 ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการรายงานผลการทดลองทางฟิสิกส์ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) โดยประยุกต์ใช้หลักการวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของภพ เลหาไพบูลย์ และสุนีย์ คล้ายนิล ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน โดยจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีจำนวน 3 ฉบับ ดังนี้

1.1.1 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม มีจำนวน 11 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 7 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 2 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 2 ข้อ

1.1.2 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร มีจำนวน 11 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 7 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 3 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 2 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 2 ข้อ

1.1.3 แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ มีจำนวน 19 ข้อ มีรายละเอียดดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) จำนวน 11 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านเทคนิคการทดลอง จำนวน 1 ข้อ
- ด้านการดำเนินการทดลอง จำนวน 7 ข้อ
- ด้านความคล่องแคล่ว จำนวน 1 ข้อ
- ด้านความมีระเบียบ จำนวน 2 ข้อ

ด้านผลงาน (Product) จำนวน 8 ข้อ ประกอบด้วย

- ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล จำนวน 5 ข้อ
- ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป จำนวน 3 ข้อ

1.2 ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

1.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องทุกข้อ มีค่าเป็น 1.00 จึงถือว่ารายการประเมินทุกข้อวัดได้ตรงตามนิยามเชิงปฏิบัติการที่กำหนด

1.2.2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.80 -1.00 จึงถือว่าเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดขึ้นมานี้ สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการให้คะแนนในรายการประเมินแต่ละข้อได้

แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้น เป็นแบบวัดที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดหรือวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการวัด หรือสามารถวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร เนื่องจากมีความสอดคล้องกันระหว่างนิยามเชิงปฏิบัติการ รายการประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน

1.3 การทดลองใช้ (Try out)

1.3.1 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 1 สรุปผลได้ว่า นักเรียนยังไม่คุ้นเคยในการใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการปฏิบัติการทดลองบางชิ้น แต่นักเรียนทุกคนสามารถปฏิบัติการทดลองได้ตามเวลาที่กำหนด แสดงว่าเวลาในการปฏิบัติการทดลองมีความเหมาะสมดี และภาษาที่ใช้สามารถสื่อความหมายได้ตรง แต่ยังมีขาดรายละเอียดสำคัญบางประการในการเขียนรายงานผลการทดลองของนักเรียน เช่น ขาดการคำนวณหาค่าความต้านทาน (resistance ; R) และการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองกฎของโอห์ม การเขียนสมการเชิงเส้นตรงและการแปลความหมายข้อมูลจากผลการทดลองในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มรายละเอียดดังกล่าวลงในแบบรายงานผลการทดลองให้ครบถ้วนสมบูรณ์มากขึ้น

1.3.2 การทดลองใช้ (Try out) ครั้งที่ 2 สรุปผลได้ดังนี้

1.3.2.1 ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายชื่อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.356 ถึง 0.766 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.345 ถึง 0.790 และค่าอำนาจจำแนกรายชื่อเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.778 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ทั้ง 3 ฉบับ มีอำนาจจำแนก สามารถนำไปใช้ทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่างได้

1.3.2.2 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.981 ถึง

0.989 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีความเชื่อมั่นของผู้ประเมินทุกฉบับ สามารถนำไปใช้ทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่างได้

1.3.2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.913 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.908 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.911 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์มีความเชื่อมั่นทุกฉบับ สามารถนำไปใช้ทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่างได้

2. การหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ สรุปผลได้ดังนี้

2.1 ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.936 ถึง 0.958 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.917 ถึง 0.956 และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.927 ถึง 0.957 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์มีความเที่ยงตรงตามสภาพในระดับสูง

2.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.780 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.751 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.431 ถึง 0.753 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ทั้ง 3 ฉบับ มีอำนาจจำแนก

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ 0.987 ถึง 0.990 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ทุกฉบับมีความเชื่อมั่นของผู้ประเมินสูง หรือมีความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนอยู่ในระดับสูง หรือมีความคงที่ในการประเมิน

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ จากการประเมินของผู้วิจัย มีค่าตั้งแต่ 0.904 ถึง 0.928 จากการประเมินของครูผู้สอน มีค่าตั้งแต่ 0.900 ถึง 0.933 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัด มีค่าตั้งแต่ 0.903 ถึง 0.931 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีความเชื่อมั่นสูง

อภิปรายผล

จากการสร้างและหาคุณภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ถือว่าเป็นแบบวัดที่มีความครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติทั้งด้านกระบวนการ (Process) ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกตในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง และด้านผลงาน (Product) ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลองของนักเรียน สอดคล้องกับสมนึก ภัททิยธนี (2560) ที่กล่าวว่า การวัดภาคปฏิบัติเป็นการวัดผลงานที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งกระบวนการและผลงาน โดยที่การวัดกระบวนการ เป็นการวัดที่พิจารณาเฉพาะวิธีทำ วิธีปฏิบัติในการทำงานหรือทำกิจกรรมให้สำเร็จ ส่วนการวัดผลงาน เป็นการวัดที่พิจารณาเฉพาะผลงานหรือผลผลิต ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการทำงานหรือกิจกรรม และสอดคล้องสุวิมล ว่องวานิช (2547) ที่กล่าวว่า การวัดภาคปฏิบัติด้านกระบวนการปฏิบัติงาน (Process) เป็นการวัดโดยการพิจารณาจากขั้นตอนในการปฏิบัติงานแต่ละขั้นตอนว่ามีความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ของการดำเนินงานนั้น ๆ หรือไม่ ส่วนการวัดภาคปฏิบัติด้านคุณภาพของผลงาน (Product) เป็นการวัดโดยพิจารณาคุณภาพของผลงานโดยมีการกำหนดเกณฑ์ที่ตกลงร่วมกันระหว่างผู้ประเมิน

2. ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

การหาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เป็นผู้ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ ปรากฏว่าผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 ซึ่งถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันทุกข้อ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์ ข้อมูลเป็นอย่างดี อีกทั้งได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ส่วนการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน ปรากฏว่าผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.80-1.00 ถือว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องใกล้เคียงกันมากเกือบทุกข้อ ซึ่งสอดคล้องกับล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ที่กล่าวว่า การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) นี้ จะต้องมีความมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นเป็นแบบวัดที่มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา สามารถวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร สอดคล้องกับสมนึก ภัททิยธนี (2560) ที่กล่าวว่า ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เป็นความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงกับเนื้อหาที่ได้ทำการสอน

3. ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

การหาค่าความเที่ยงตรงตามสภาพของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากแบบวัดภาคปฏิบัติกับเกรดเฉลี่ย วิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ปรากฏว่าค่าความเที่ยงตรงตามสภาพจากคะแนนประเมินของผู้วิจัยมีค่าตั้งแต่ 0.936 ถึง 0.958 จากคะแนนประเมินของครูผู้สอนมีค่าตั้งแต่ 0.917 ถึง 0.956 และค่าความเที่ยงตรงตามสภาพเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 0.927 ถึง 0.957 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงตามสภาพในระดับสูง สามารถวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริงของผู้เรียน ในสภาพปัจจุบัน ซึ่งสอดคล้องกับลัวิน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ที่กล่าวว่า แบบทดสอบที่มีค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูง จะต้องมียุทธศาสตร์ +1 และสอดคล้องกับสมนึก ภัททิยธนี (2560) ที่กล่าวว่า ความเที่ยงตรงตามสภาพเป็นความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงในชีวิตประจำวัน หรือเป็นความสามารถของแบบทดสอบที่ช่วยให้ครูประมาณ สถานสภาพอันแท้จริงของนักเรียนในปัจจุบันได้ถูกต้อง

4. ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

การหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยใช้วิธีหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนรายข้อกับคะแนนรวม (Item total Correlation) คำนวณโดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน ปรากฏว่าจากการทดลองใช้ (Try out) ค่าอำนาจจำแนกจากการประเมินของผู้วิจัยมีค่าตั้งแต่ 0.356 ถึง 0.766 จากการประเมินของครูผู้สอนมีค่าตั้งแต่ 0.345 ถึง 0.790 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.350 ถึง 0.778 และค่าอำนาจจำแนกจากการทดสอบจริง ค่าอำนาจจำแนกจากการประเมินของผู้วิจัยมีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.780 จากการประเมินของครูผู้สอนมีค่าตั้งแต่ 0.426 ถึง 0.751 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.431 ถึง 0.753 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ทุกข้อ แต่จะมีบางข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นรายการประเมินด้าน ความมีระเบียบในการทดลอง ซึ่งประเมินเกี่ยวกับการจัดพื้นที่สำหรับทดลอง และการจัดวาง อุปกรณ์เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง ตลอดจนการทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น ซึ่งจะพบว่านักเรียนกลุ่ม ความสามารถสูงและกลุ่มความสามารถต่ำจะปฏิบัติได้ไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็ยังพบว่ามีนัยสำคัญ ทางสถิติอยู่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นมีอำนาจจำแนก สามารถจำแนกนักเรียนที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ซึ่งสอดคล้องกับ คณาจารย์ภาควิชาและพัฒนาศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหาสารคาม (2561) ที่กล่าวว่า ถ้าคะแนนของข้อคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถามหรือแบบวัด สัมพันธ์เชิงบวกกับคะแนน รายข้อทั้งฉบับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าข้อคำถามข้อนั้น ๆ มีอำนาจจำแนก และสอดคล้อง

กับไพศาล วรคำ (2554) ที่กล่าวว่า อำนาจจำแนกเป็นคุณลักษณะของข้อสอบหรือข้อคำถามที่สามารถแยกปริมาณของคุณลักษณะที่ต้องการวัดที่มีอยู่ในแต่ละบุคคลได้ เช่น ในแบบทดสอบข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกก็คือ ข้อสอบที่สามารถแยกคนเก่งออกจากคนอ่อนได้

5. ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ การหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน ของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยใช้สูตรสหสัมพันธ์อย่างง่ายของเพียร์สัน ปรากฏว่าจากการทดลองใช้ (Try out) ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.981 ถึง 0.989 และจากการทดสอบจริง ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.987 ถึง 0.990 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นมีความเชื่อมั่นของผู้ประเมินสูง หรือมีความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนอยู่ในระดับสูง หรือมีความคงที่ในการประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับไพศาล วรคำ (2554) ที่กล่าวว่า ค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ตรวจให้คะแนนที่เชื่อถือได้ควรมีค่าประมาณ 0.85 ขึ้นไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนดี มีความชัดเจนแน่นอน ภาษาไม่กำกวม และผู้ประเมินมีความรู้ความเข้าใจและมีประสบการณ์สูงในการประเมินภาคปฏิบัติ เนื่องจากเป็นครูผู้รับผิดชอบงานสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยตรง สอดคล้องกับงานวิจัยของฐิติกานต์ คำปลิว (2555) ที่ได้สร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จังหวัดระยอง แล้วพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกตให้คะแนน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.92 ถึง 0.98 ซึ่งอยู่ในระดับสูง อาจเนื่องมาจากแบบสังเกตมีความเป็นปรนัยในการให้คะแนนของผู้สังเกตให้คะแนน และผู้สังเกตมีความเข้าใจและชำนาญในการสังเกต เพราะเป็นครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยเฉพาะ และสอดคล้องกับงานวิจัยของศักดิ์ดา สาดา (2555) ที่ได้สร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง เรื่องพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 แล้วพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของผู้สังเกตให้คะแนน 2 คน มีค่าตั้งแต่ 0.599 ถึง 0.944 ซึ่งอาจเป็นเพราะแบบสังเกตภาคปฏิบัติมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน อ่านเข้าใจง่าย และมีความเป็นปรนัยในการตรวจให้คะแนนสูง

6. ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ทั้ง 3 ฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (α -Cronbach) ปรากฏว่าจากการทดลองใช้ (Try out) ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดจากการประเมินของผู้วิจัยมีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.913 จากการประเมินของครูผู้สอนมีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.908 และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.891 ถึง 0.911 และจากการทดสอบจริง ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดจากการประเมินของผู้วิจัยมีค่าตั้งแต่ 0.904 ถึง 0.928 จากการประเมินของครูผู้สอนมีค่าตั้งแต่ 0.900 ถึง 0.933

และค่าความเชื่อมั่นเฉลี่ยของแบบวัดมีค่าตั้งแต่ 0.903 ถึง 0.931 แสดงว่า แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ที่สร้างขึ้นมีค่าความเชื่อมั่นสูง ซึ่งสอดคล้องกับล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) ที่กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบควรมีค่ามากกว่า 0.70 จึงจะเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบบวัดมีการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนที่ดี มีความชัดเจน แน่นอน ภาษาไม่กำกวม รวมทั้งผู้ประเมินมีความรู้ความเข้าใจและมีประสบการณ์สูงในการประเมินภาคปฏิบัติ เนื่องจากเป็นครูผู้รับผิดชอบงานสอนในรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยตรง นอกจากนี้ อาจจะเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างมีความสามารถสูงในการปฏิบัติกรทดลองตามเนื้อหา และสอดคล้องกับงานวิจัยของนิภารัตน์ เพ็งอารี (2550) ที่ได้สร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติกรทดลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แล้วพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบสังเกตภาคปฏิบัติ ตั้งแต่ 0.668 ถึง 0.878 ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นสูงอาจเนื่องจากแบบสังเกตภาคปฏิบัติมีความสะดวกในการใช้ อ่านเข้าใจ มีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ผู้ตรวจให้คะแนนมีความเข้าใจตรงกัน และกลุ่มตัวอย่างที่ปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์มีความสามารถสูงในการปฏิบัติตามเนื้อหาหรือเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำแบบวัดภาคปฏิบัติไปใช้

1.1 ในการนำแบบวัดภาคปฏิบัตินี้ไปใช้ ควรคำนึงถึงความพร้อมของห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนครูผู้สอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดภาคปฏิบัติเป็นอย่างดี เพื่อให้การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 ครูผู้สอนควรศึกษาคู่มือการใช้งานของแบบวัดภาคปฏิบัติและเกณฑ์การให้คะแนนให้เข้าใจก่อนนำไปใช้ เพื่อความเป็นปรนัยของแบบวัดภาคปฏิบัติ

1.3 ครูผู้สอนควรชี้แจงเกี่ยวกับรายละเอียดรายการประเมินของแบบวัดภาคปฏิบัติ และเกณฑ์การให้คะแนนให้นักเรียนเข้าใจก่อนลงมือปฏิบัติการทดลอง

1.4 แบบวัดภาคปฏิบัตินี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคล แต่สามารถนำไปใช้วัดเป็นรายกลุ่มได้ แต่ไม่ควรเกินกลุ่มละ 5 คน และควรกำหนดตำแหน่งที่นั่งของนักเรียนให้อยู่ตำแหน่งเดิมตลอดการปฏิบัติการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อง่ายต่อการให้คะแนนของครูผู้สอน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 ควรมีการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติกรทดลองทางฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์ ในหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ และระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อให้มีเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติกรทดลองทางฟิสิกส์

หรือวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการอย่างครอบคลุมเนื้อหา

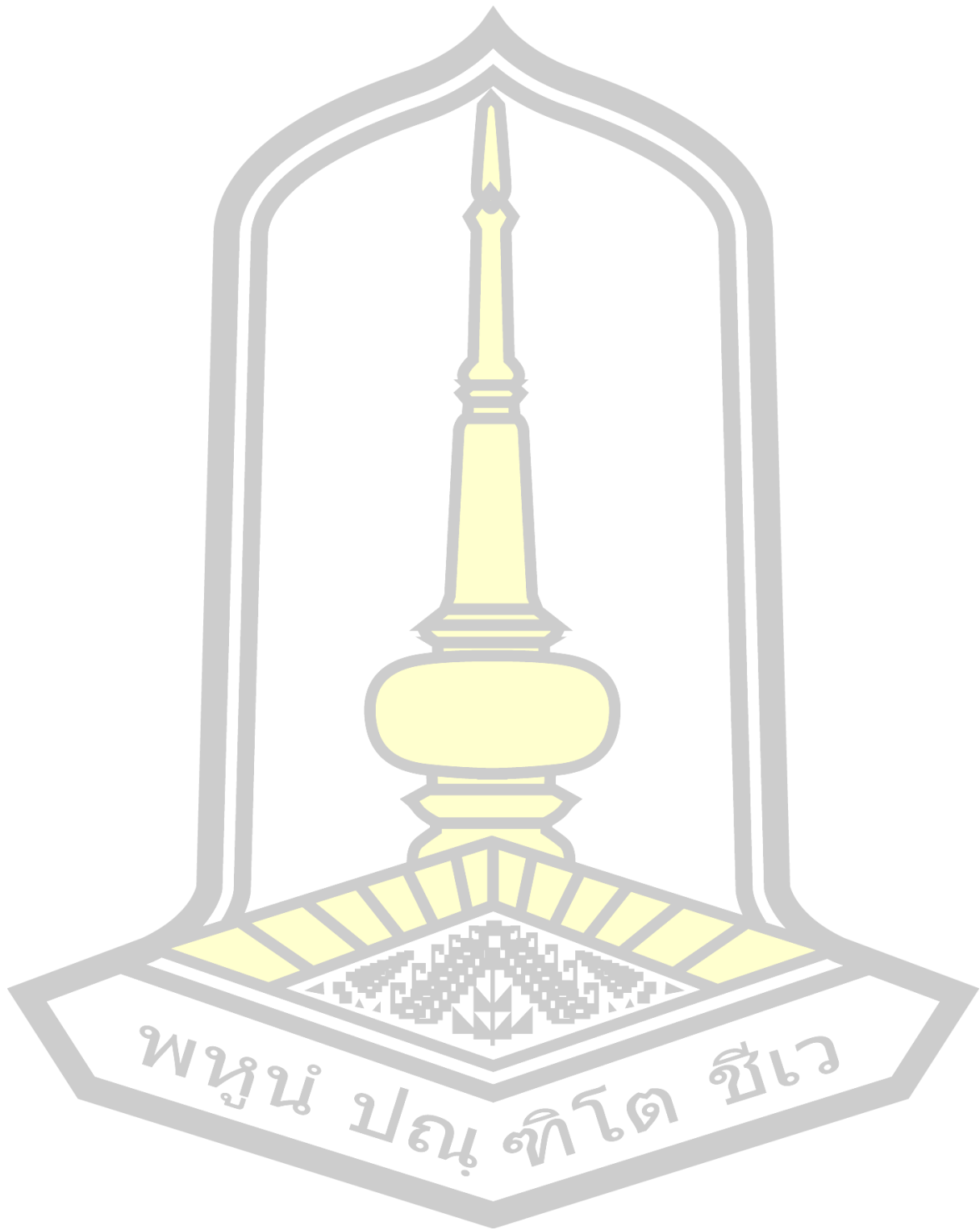
2.2 ควรมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนให้มีช่วงระดับการให้คะแนนที่มากขึ้น เพื่อให้แบบวัดมีค่าความเชื่อมั่นที่สูงขึ้น

2.3 ควรมีการขยายขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างให้กว้างมากขึ้น โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างตามขนาดโรงเรียนที่มีความพร้อมด้านห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เช่น โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนขนาดใหญ่ โรงเรียนขนาดกลาง และโรงเรียนขนาดเล็ก

2.4 ควรมีการสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติทดลองทางฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่ (Modern Test Theories)



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

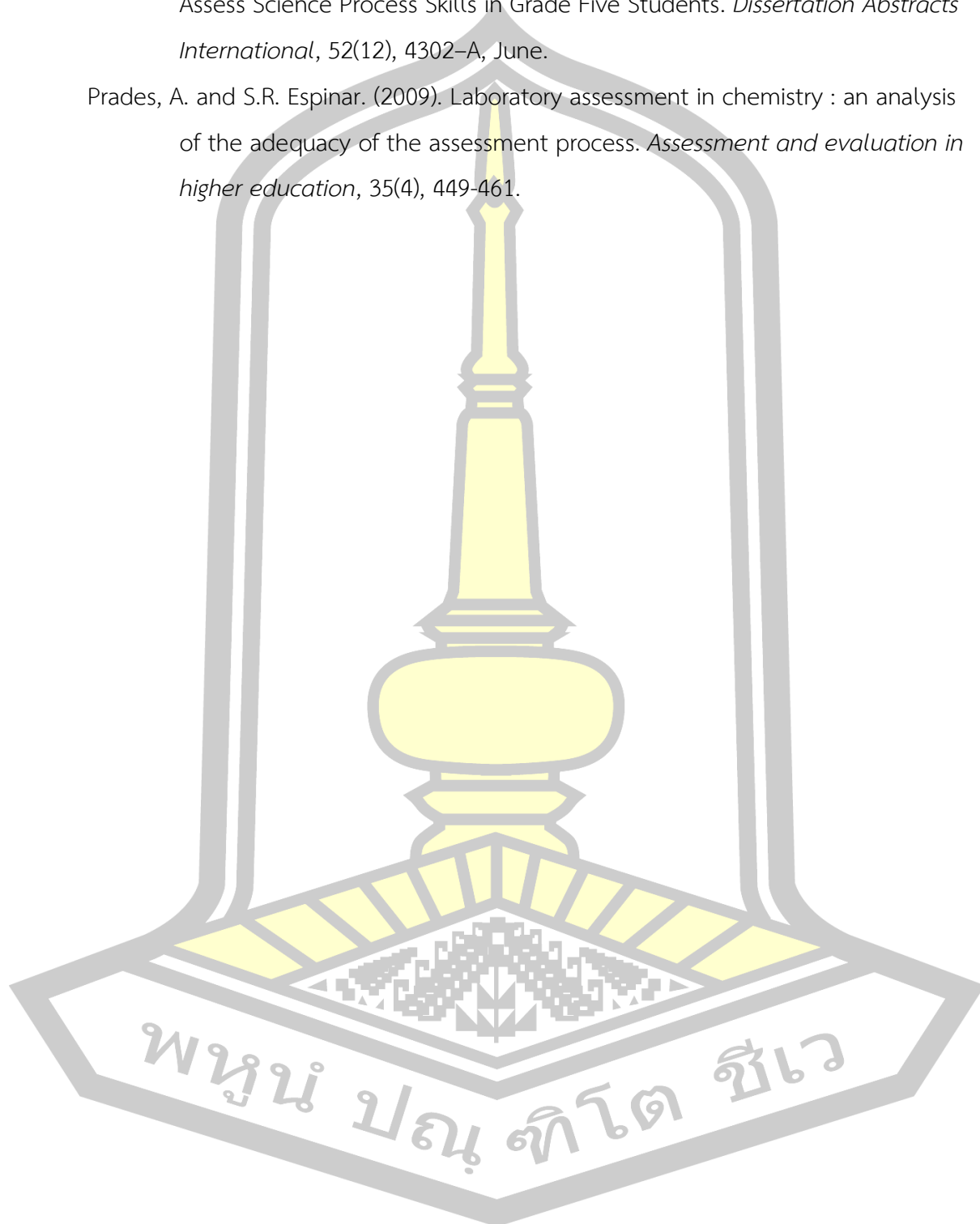
- กรมวิชาการ. (2546). *การประเมินผลการศึกษาในชั้นเรียน ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ : ครูสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.
- โกวิทย์ ประวาลพถกษ์ และสมศักดิ์ สิ้นธุระเวชญ์. (2523). *การประเมินผลในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ขวัญสุดา ถูวะการ. (2550). *การพัฒนาเครื่องมือวัดปฏิบัติการทดลองสาระการเรียนรู้พื้นฐานเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- คณาจารย์ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (2561). *พื้นฐานการวิจัยการศึกษา (Basic Research in Education)*. พิมพ์ครั้งที่ 8. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.
- จตุภูมิ เขตจัตุรัส. (2560). *วิธีการและเครื่องมือประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน*. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ฐิติกานต์ คำปลิว. (2555). *การสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จังหวัดระยอง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ธงชัย ชิวปรีชา. (2537). *การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประมวลสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 13*. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิเชต สุนทรพิทักษ์. (2533). *การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับความมั่นคงของชาติ*. กรุงเทพฯ : การศาสนา.
- นิภารัตน์ เฟ็งอารีย์. (2550). *การสร้างเครื่องมือวัดภาคปฏิบัติการทดลอง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- นิโลบล นิมกัังรัตน์. (2548). *การวัดผลงานภาคปฏิบัติ*. เชียงใหม่ : ภาควิชาประเมินผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2543). *การวิจัยทางการวัดผลและประเมินผล*. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

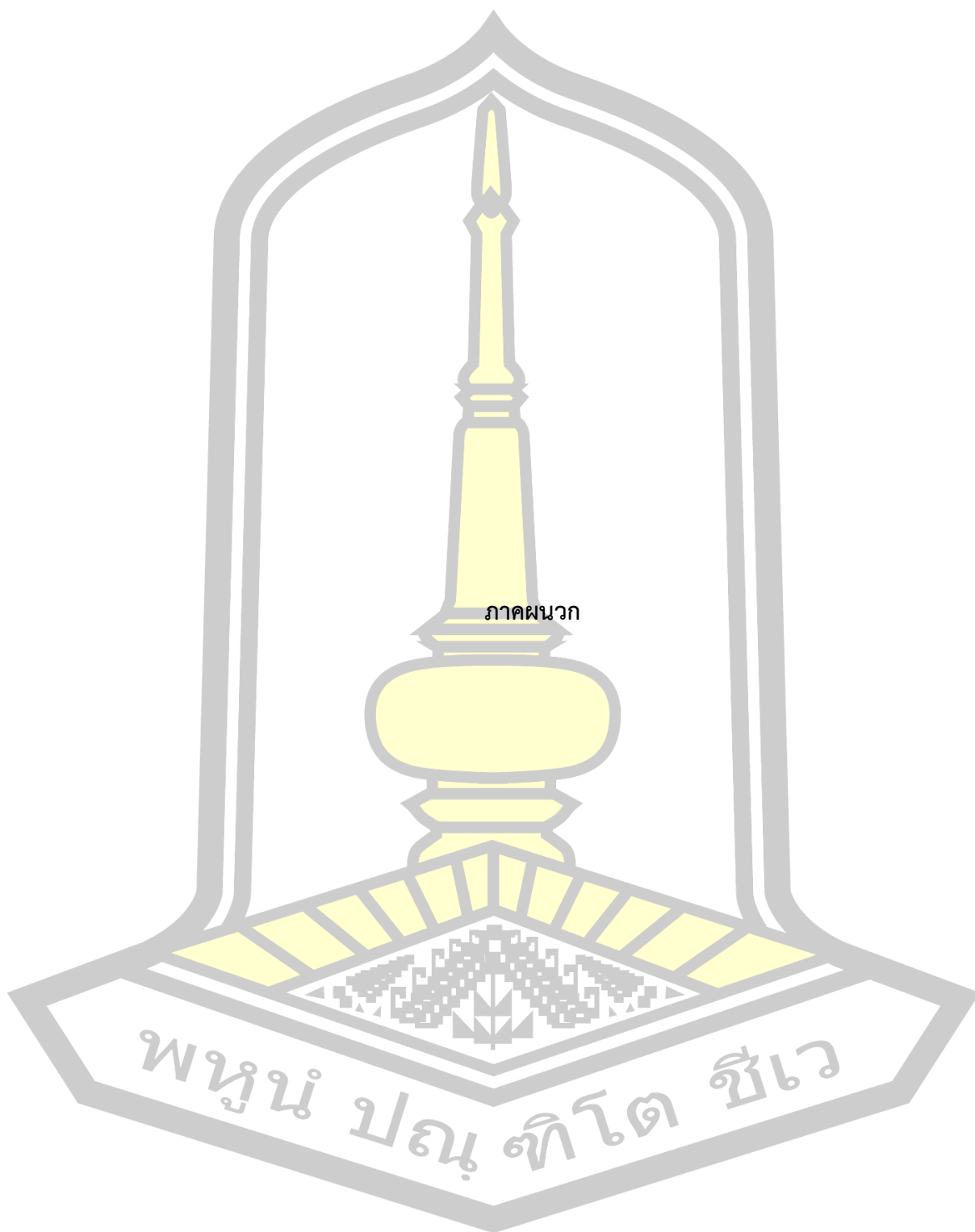
- บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2545). *การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- เฟียน ไชยสร. (2529). การวัดผลภาคปฏิบัติ. *วารสารการศึกษาศาสตร์*, 8(23), 27-61, กันยายน-ธันวาคม.
- พงศธร ภัคดี. (2558). *การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการเขียนโปรแกรมภาษาซี สารสนเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับนักเรียน ช่วงชั้นที่ 4*. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- พรทิพย์ ภูมิบ้านค้อ. (2557). *การพัฒนาแบบวัดภาคปฏิบัติเรื่องการเชื่อมไฟฟ้าของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2546). “การประเมินการเรียนรู้จากการปฏิบัติ” ใน *แนวคิดและแนวปฏิบัติสำหรับครูเพื่อรองรับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพครู*. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพลินรัตน์ ทองสุ. (2550). *การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะปฏิบัติ สาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เทคโนโลยีสารสนเทศ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาสารคาม : ตักสิลาการพิมพ์.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ศักดิ์ดา สาดา. (2555). *การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลอง เรื่องพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ส.วาสนา ประवालพฤกษ์. (2527). การสอบการปฏิบัติ. *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 1(25), 1-12, พฤษภาคม-สิงหาคม.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมชาย วรจิเกษมสกุล. (2557). *การวัดและประเมินผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 6. อุดรธานี : อักษรศิลป์.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2560). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กทม. : ประสานการพิมพ์.
- สมศักดิ์ ภูวิภาตววรรณ. (2544). *การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง*. พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : The knowledge Center.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น พื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สุนีย์ คล้ายนิล และคณะ. (2550). *การวัดผลประเมินผลเพื่อคุณภาพการเรียนรู้และตัวอย่างข้อสอบ จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA)*. กรุงเทพฯ : บริษัท เซเวนพรีนติ้ง กรุ๊ป.
- สุรัชย์ สิงห์แผ่น. (2550). *การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี วิชาช่างเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษา มหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2547). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Boorman, J.M. (1991). The Development and Testing of Laboratory Performance Test in High School Physics. *Dissertation Abstracts International*, 52(2), 490a.
- lyewarun, R.A. (1988). Evaluation of Occupational Child Care Programs in Iowa. *Dissertation Abstracts International*, 48(7), 1677-A, January.
- Klainin, S. and others. (1989). The Superior Achievement of Girls in Chemistry and Physics in Upper Secondary Schools in Thailand. *Research in Science & Technological Education*, 7(1), 5-14.

Knight, L.H. (1992). The Development and Validity of A Microcomputer-Based Test to Assess Science Process Skills in Grade Five Students. *Dissertation Abstracts International*, 52(12), 4302-A, June.

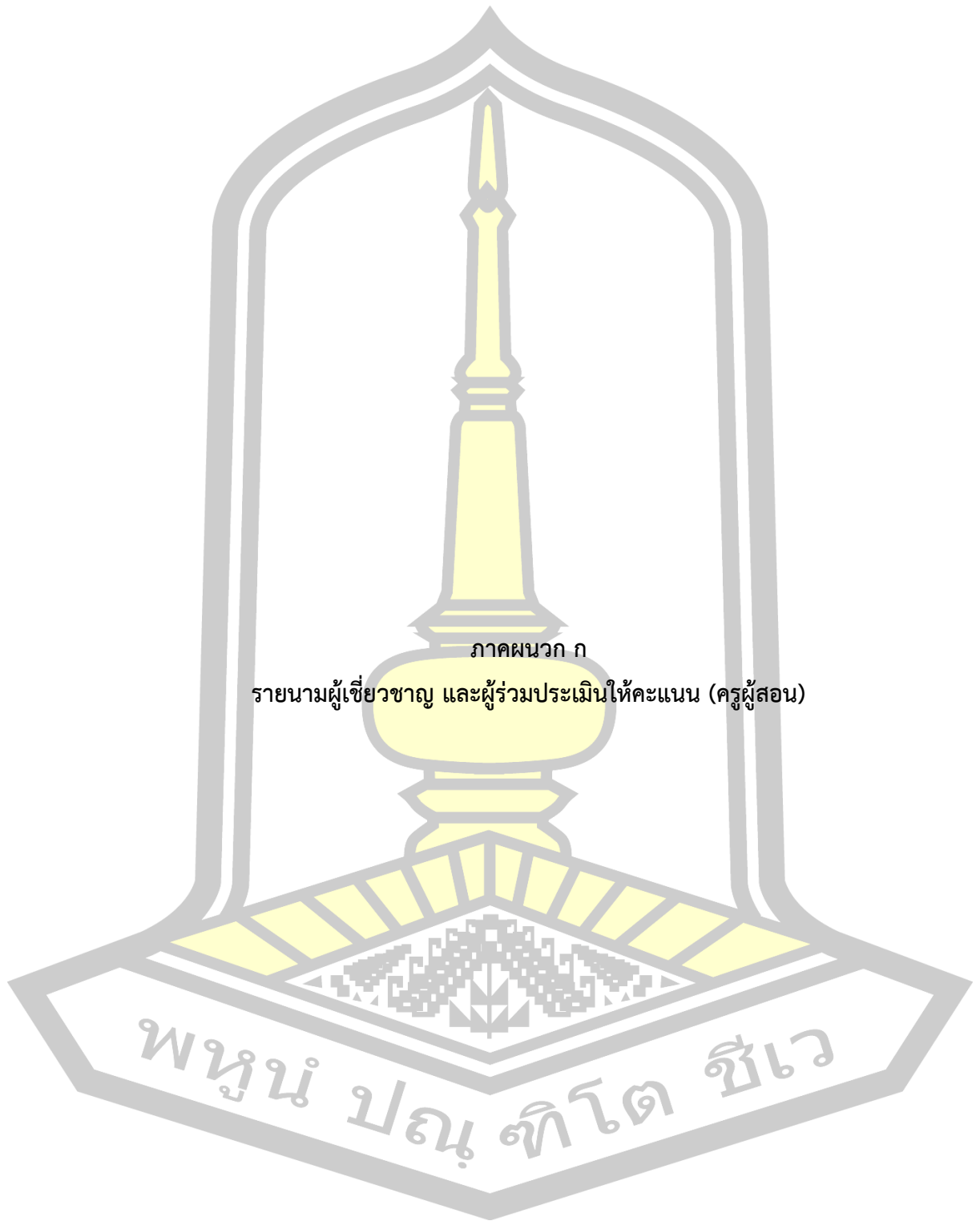
Prades, A. and S.R. Espinar. (2009). Laboratory assessment in chemistry : an analysis of the adequacy of the assessment process. *Assessment and evaluation in higher education*, 35(4), 449-461.





ภาคผนวก

พูน ปณ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก

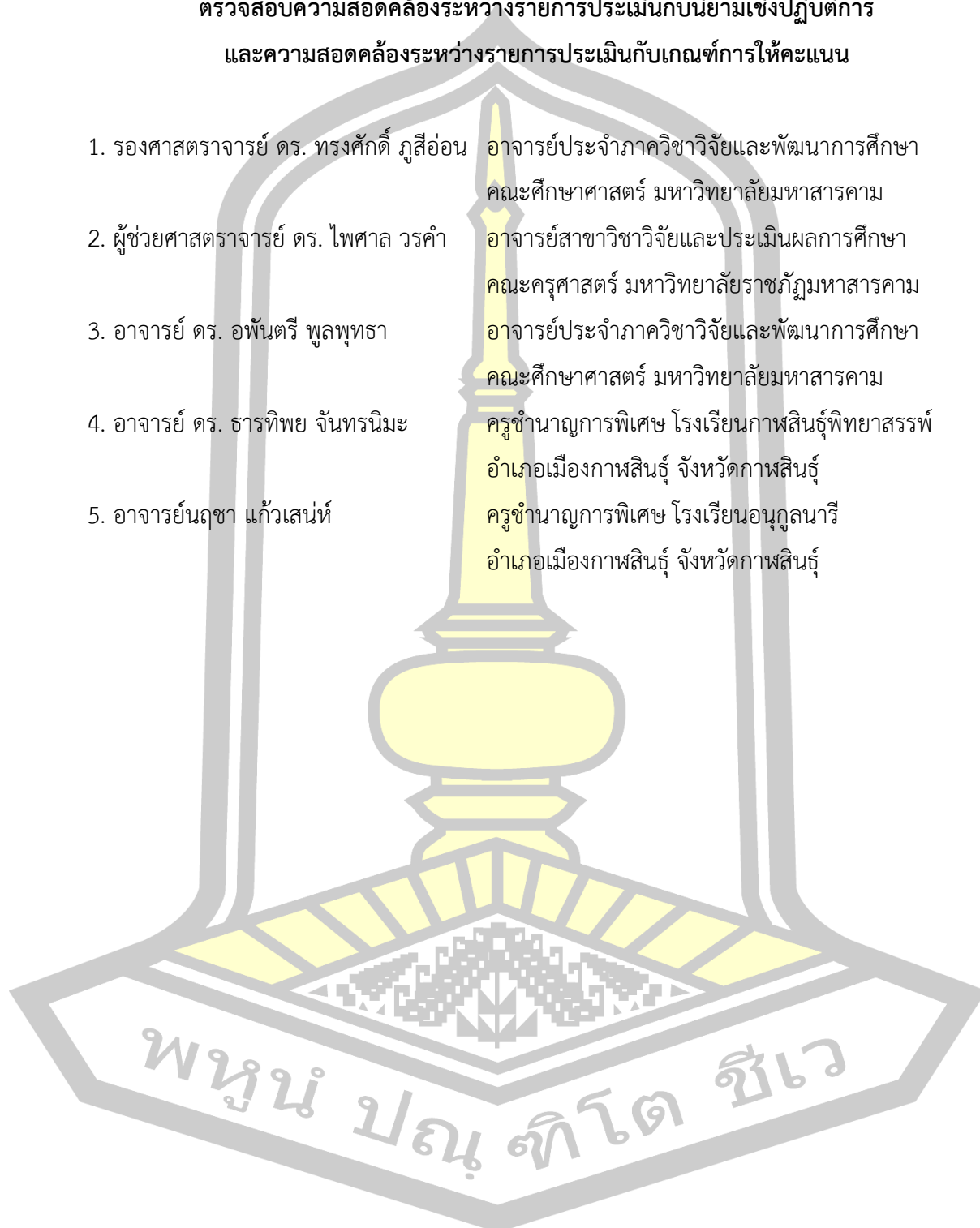
รายนามผู้เชี่ยวชาญ และผู้ร่วมประเมินให้คะแนน (ครูผู้สอน)

พหุ ประจักษ์ ชัยเว

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

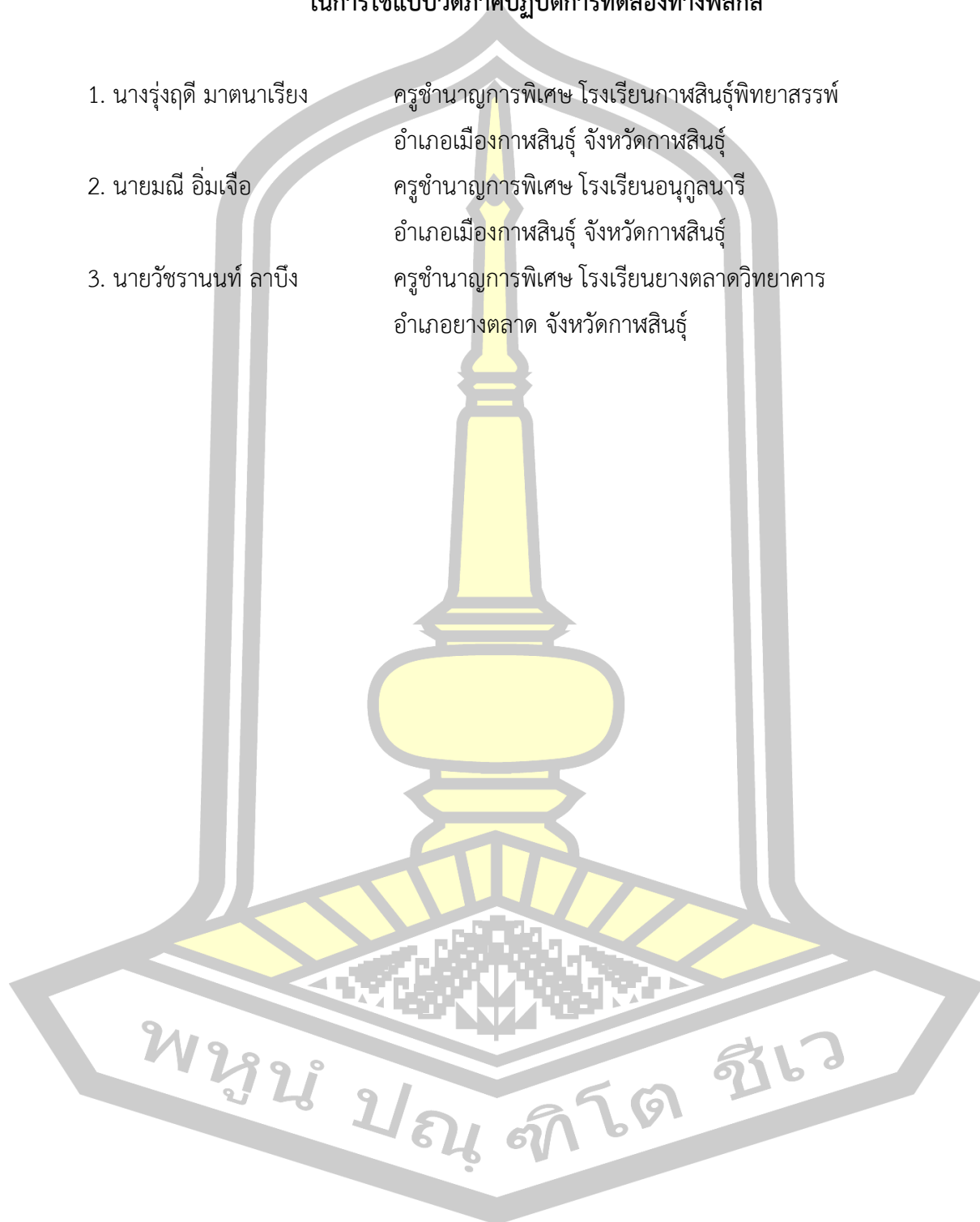
ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
และความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล วรรค้ำ อาจารย์สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
3. อาจารย์ ดร. อพันธ์ ฟูลพุทธา อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและพัฒนการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. อาจารย์ ดร. ธารทิพย์ จันทรมิยะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์
อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์
5. อาจารย์นฤชา แก้วเสนห์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอนุกุลนารี
อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์



รายนามผู้ร่วมประเมินให้คะแนน (ครูผู้สอน)
ในการใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. นางรุ่งฤดี มาตนาเรียง | ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์
อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ |
| 2. นายมณี อิ่มเจือ | ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนอนุกุลนารี
อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ |
| 3. นายวัชรานนท์ ลาบึง | ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร
อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ |





ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิง
ปฏิบัติการ และความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

พหุบัณฑิตยาลัย

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

ชื่อหัวข้อการวิจัย : การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้
ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อผู้วิจัย : นายสุริยา โพธิ์เปี้ยศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผล
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เบอร์โทรศัพท์ : 095-3195857 E-mail : phopiasri.su@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรณู วรอำศวปติ ศรีสะอาด

ชื่อผู้ประเมิน :

มหาวิทยาลัย/โรงเรียน :
.....

- คำชี้แจง :
- แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบว่ารายการประเมินมีความสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการหรือไม่
 - โปรดกาเครื่องหมาย/ลงในช่อง +1, 0 หรือ -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้
 - ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นไม่สอดคล้องกับนิยามเชิงปฏิบัติการ

พูน ปณ ทิโต ชีเว

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยาม เชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
ด้านกระบวนการ (Process)					
1. ด้านเทคนิคการ ทดลอง	1. ความสามารถ ในการเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือต่าง ๆ ในการทดลอง กฎของโอห์มได้อย่างถูกต้อง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองกฎของ โอห์มได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระบอก 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ 5) ลวดนิโครม			
2. ด้านการ ดำเนินการทดลอง	2. ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลองกฎ ของโอห์มแต่ละขั้นตอน ได้อย่างถูกต้องตามวิธีการ ทดลอง	2. การต่อสายไฟ ลวดนิโครม และแบตเตอรี่เข้าด้วยกันให้เป็น วงจรปิดได้อย่างถูกต้อง			
		3. การต่อสายไฟและ แอมมิเตอร์เข้าด้วยกันแล้วนำไป ต่อแบบอนุกรมกับวงจร เพื่อ อ่านค่ากระแสไฟฟ้า จากแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
		4. การต่อสายไฟและโวลต์ มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อ แบบขนานกับวงจร เพื่ออ่านค่า ความต่างศักย์ระหว่างปลายของ ลวดนิโครม จากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยาม เชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
3. ด้านความ คล่องแคล่วในการ ทดลอง	3. ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลองกฎของโอห์ม ด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จ ทันเวลาที่กำหนดได้	5. การปฏิบัติการทดลอง ด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จ ทันเวลาที่กำหนดได้			
4. ด้านความมี ระเบียบในการ ทดลอง	4. ความสามารถในการ ปฏิบัติการทดลองกฎของโอห์ม อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย ติดตั้งเครื่องมือเรียบร้อย เก็บ อุปกรณ์เครื่องมือเข้าที่เรียบร้อย โต๊ะปฏิบัติการสะอาดเรียบร้อย	6. การจัดพื้นที่สำหรับการ ทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และ การจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ ใช้ได้สะดวกในขณะที่ปฏิบัติการ ทดลอง			
		7. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/ เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลอง เสร็จสิ้น			
ด้านผลงาน (Product)					
5. ด้านการจัด กระทำและ นำเสนอข้อมูล	5. ความสามารถในการนำเสนอ ผลการทดลองกฎของโอห์มด้วย ตารางและเขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้าและความต่าง ศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม	8. การออกแบบตารางนำเสนอ ข้อมูลผลการทดลองได้อย่าง เหมาะสม โดยต้องประกอบด้วย จำนวนแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า และบันทึก ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน			
		9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความ ต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม โดยให้กระแสไฟฟ้า อยู่บนแกนตั้ง และความต่าง ศักย์อยู่บนแกนนอน			

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยาม เชิงปฏิบัติการ	รายการประเมิน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
6. ด้านการแปล ความหมายของ ข้อมูลและการสรุป	6. ความสามารถในการแปล ความหมายของข้อมูลและ สรุปผลการทดลองได้อย่าง ถูกต้องตามกฎของโอห์ม	10. การสรุปผลการทดลองได้ อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครม แปรผันตรงกับความต่างศักย์ ระหว่างปลายของลวดนิโครม (I $\propto V$ หรือ $I = kV$)			
		11. การแปลความหมายข้อมูล จากสมการ $I = kV$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ว่า $k =$ $1/R$ และเรียกค่า R นี้ว่า ความ ต้านทาน (resistance)			

ข้อเสนอแนะ.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

ชื่อหัวข้อการวิจัย : การสร้างแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้
ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อผู้วิจัย : นายสุริยา โพธิ์เปียศรี นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิจัยและประเมินผล
การศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
เบอร์โทรศัพท์ : 095-3195857 E-mail : phopiasri.su@gmail.com

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณช วรอำศวปติ ศรีสะอาด

ชื่อผู้ประเมิน :

มหาวิทยาลัย/โรงเรียน :
.....

- คำชี้แจง :
1. แบบประเมินฉบับนี้ใช้สำหรับท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบว่า
รายการประเมินมีความสอดคล้องกับเกณฑ์การให้คะแนนหรือไม่
 2. โปรดกาเครื่องหมาย/ลงในช่อง +1, 0 หรือ -1 ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน ดังนี้
 - ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้อง
กับเกณฑ์การให้คะแนน
 - ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่ารายการประเมินนั้นสอดคล้อง
กับเกณฑ์การให้คะแนน
 - ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่ารายการประเมินนั้นไม่สอดคล้อง
กับเกณฑ์การให้คะแนน

พหุ ประถมศึกษา

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
ด้านกระบวนการ (Process)					
1. ด้านเทคนิค การทดลอง (2 คะแนน)	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองกฎ ของโอห์มได้ถูกต้องและ ครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระเบ 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อม ปากหนีบ 5) ลวดนิโครม	2 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องและครบถ้วนทั้ง 5 รายการ 1 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้อง เพียง 3-4 รายการ 0 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ถูกต้อง เพียง 1-2 รายการ หรือเลือกใช้ไม่ถูกต้องเลย	...	...	...
2. ด้านการ ดำเนินการ ทดลอง (6 คะแนน)	2. การต่อสายไฟ ลวดนิโครม และแบตเตอรี่เข้าด้วยกันให้ เป็นวงจรปิดได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วย ตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อ ครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด	...	...	...
	3. การต่อสายไฟและ แอมมิเตอร์เข้าด้วยกันแล้ว นำไปต่อแบบอนุกรมกับวงจร เพื่ออ่านค่ากระแสไฟฟ้าจาก แอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วย ตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อ ครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด	...	...	...

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
	4. การต่อสายไฟและโวลต์ มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไป ต่อแบบขนานกับวงจร เพื่อ อ่านค่าความต่างศักย์ระหว่าง ปลายของลวดนิโครมจาก โวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วย ตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อ ครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด	...	...	...
3. ด้านความ คล่องแคล่วใน การทดลอง (2 คะแนน)	5. การปฏิบัติการทดลองด้วย ความคล่องแคล่ว และเสร็จ ทันเวลาที่กำหนดได้	2 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความ คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา 1 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความ คล่องแคล่ว แต่เสร็จไม่ ทันเวลา 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่คล่องแคล่ว และเสร็จไม่ทันเวลา	...	...	...
4. ด้านความมี ระเบียบในการ ทดลอง (2 คะแนน)	6. การจัดพื้นที่สำหรับการ ทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/ เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวก ในขณะปฏิบัติการทดลอง	1 เมื่อ จัดพื้นที่และวาง อุปกรณ์/เครื่องมืออย่างเป็น ระเบียบเหมาะสม 0 เมื่อ จัดพื้นที่และวาง อุปกรณ์/เครื่องมือไม่เป็น ระเบียบ	...	...	...
	7. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/ เครื่องมือหลังปฏิบัติการ ทดลองเสร็จสิ้น	1 เมื่อ ทำความสะอาดพื้นที่ และเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ อย่างเรียบร้อย 0 เมื่อ ไม่ทำความสะอาด พื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/ เครื่องมือ	...	...	...

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
ด้านผลงาน (Product)					
5. ด้านการจัด กระทำและ นำเสนอข้อมูล (4 คะแนน)	8. การออกแบบตารางนำเสนอ ข้อมูลผลการทดลองได้อย่าง ถูกต้องเหมาะสม โดยต้อง ประกอบด้วยจำนวนแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า	2 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม และบันทึกข้อมูล ถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม บันทึกข้อมูลถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตารางไม่ เหมาะสม บันทึกข้อมูลไม่ ถูกต้องและไม่ครบถ้วน	...	...	...
	9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความ ต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม	2 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ได้ถูกต้องตาม หลักการ และมีรายละเอียด ครบถ้วน 1 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ได้ถูกต้องตาม หลักการ แต่มีรายละเอียดไม่ ครบถ้วน 0 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้องตาม หลักการ และมีรายละเอียดไม่ ครบถ้วน	...	...	...
6. ด้านการแปล ความหมายของ ข้อมูลและการสรุป	10. การสรุปผลการทดลองได้ อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครม แปรผันตรงกับความต่างศักย์ ระหว่างปลายของลวดนิโครม (I $\propto V$ หรือ $I = kV$)	2 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้อง และครบถ้วน	...	...	...
		1 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	...	...	...
		0 เมื่อ สรุปผลการทดลองไม่ ถูกต้อง และไม่ครบถ้วน	...	...	...

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน	ผลการ พิจารณา		
			+1	0	-1
	11. การแปลความหมาย ข้อมูลจากสมการ $I = kV$ ได้ ถูกต้อง โดยแปลความหมาย ได้ว่า $k = 1/R$ และเรียกค่า R นี้ว่า ความต้านทาน (resistance)	2 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลถูกต้อง และมี รายละเอียดสำคัญครบถ้วน 1 เมื่อ แปลความหมายข้อมูล ถูกต้อง แต่ขาดรายละเอียด สำคัญบางประการ 0 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลไม่ถูกต้องและขาด รายละเอียดสำคัญทั้งหมด	...	...	...

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว



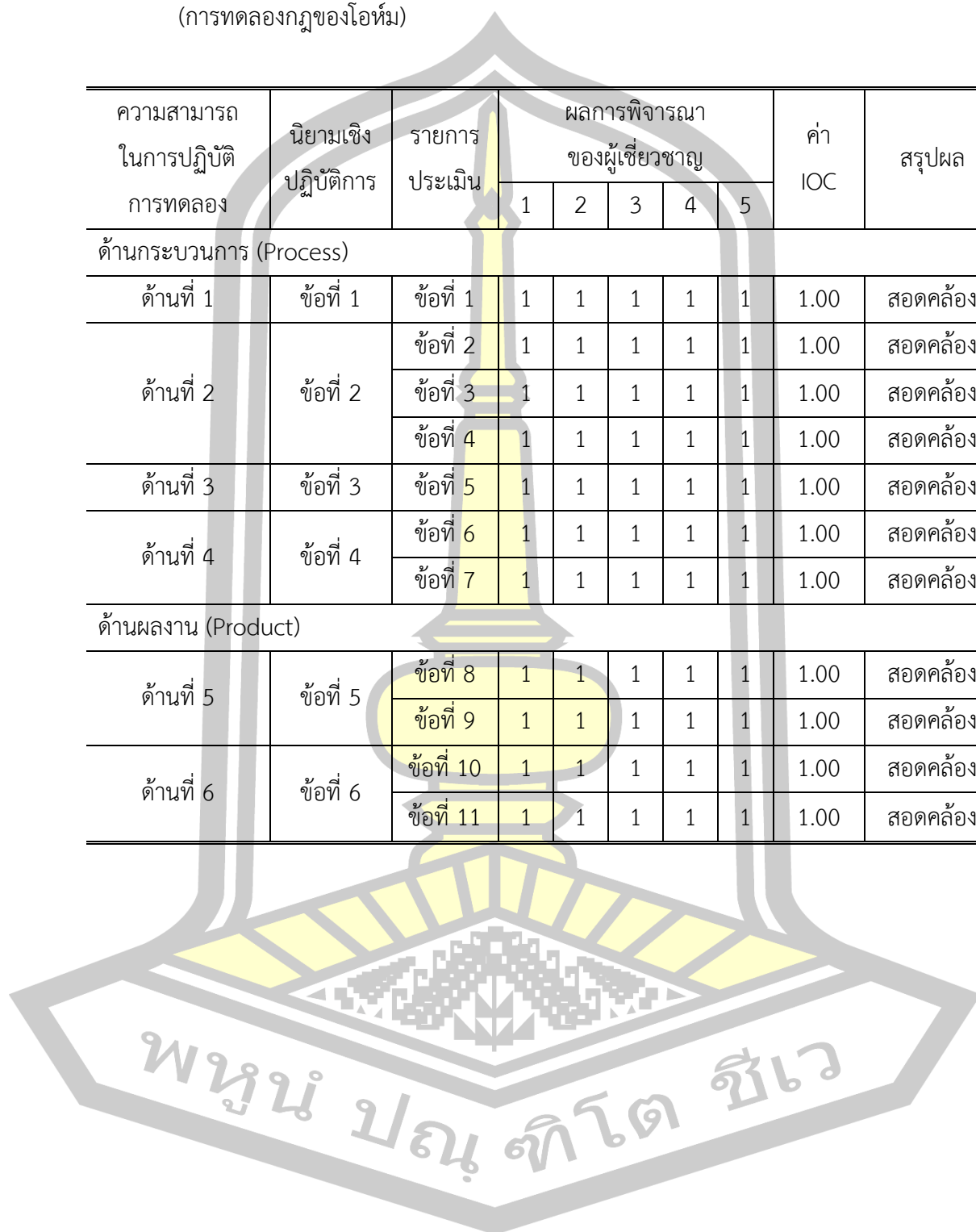
ภาคผนวก ค

ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน

พหุบัณฑิตยาลัย

ตาราง 29 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
(การทดลองกฎของโอห์ม)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยามเชิง ปฏิบัติการ	รายการ ประเมิน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านกระบวนการ (Process)									
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 3	ข้อที่ 3	ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 4	ข้อที่ 4	ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านผลงาน (Product)									
ด้านที่ 5	ข้อที่ 5	ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 6	ข้อที่ 6	ข้อที่ 10	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง



ตาราง 30 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
(การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า
ในวงจร)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยามเชิง ปฏิบัติการ	รายการ ประเมิน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านกระบวนการ (Process)									
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 3	ข้อที่ 3	ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 4	ข้อที่ 4	ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านผลงาน (Product)									
ด้านที่ 5	ข้อที่ 5	ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 6	ข้อที่ 6	ข้อที่ 10	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง



ตาราง 31 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับนิยามเชิงปฏิบัติการ
(การทดลองหาไอเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่)

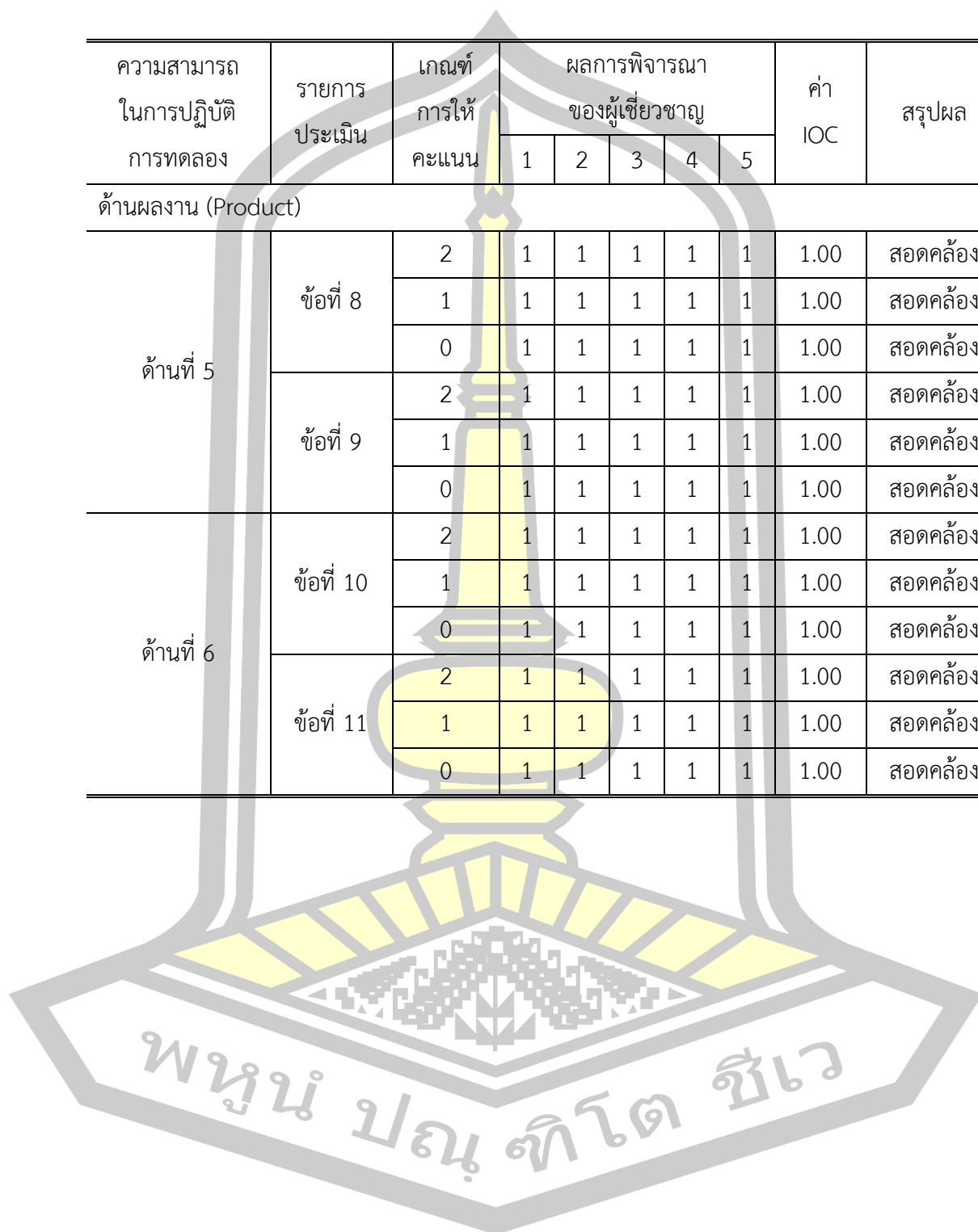
ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	นิยามเชิง ปฏิบัติการ	รายการ ประเมิน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านกระบวนการ (Process)									
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	ข้อที่ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	ข้อที่ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 3	ข้อที่ 3	ข้อที่ 9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 4	ข้อที่ 4	ข้อที่ 10	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 11	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านผลงาน (Product)									
ด้านที่ 5	ข้อที่ 5	ข้อที่ 12	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 13	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 14	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 15	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 16	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 6	ข้อที่ 6	ข้อที่ 17	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 18	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		ข้อที่ 19	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 32 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน
(การทดลองกฎของโอห์ม)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล	
			1	2	3	4	5			
ด้านกระบวนการ (Process)										
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 3	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 4	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ด้านที่ 3	ข้อที่ 5	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
			1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
			0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 4	ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 7	1	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	

ตาราง 32 (ต่อ)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านผลงาน (Product)									
ด้านที่ 5	ข้อที่ 8	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 9	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 6	ข้อที่ 10	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 11	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

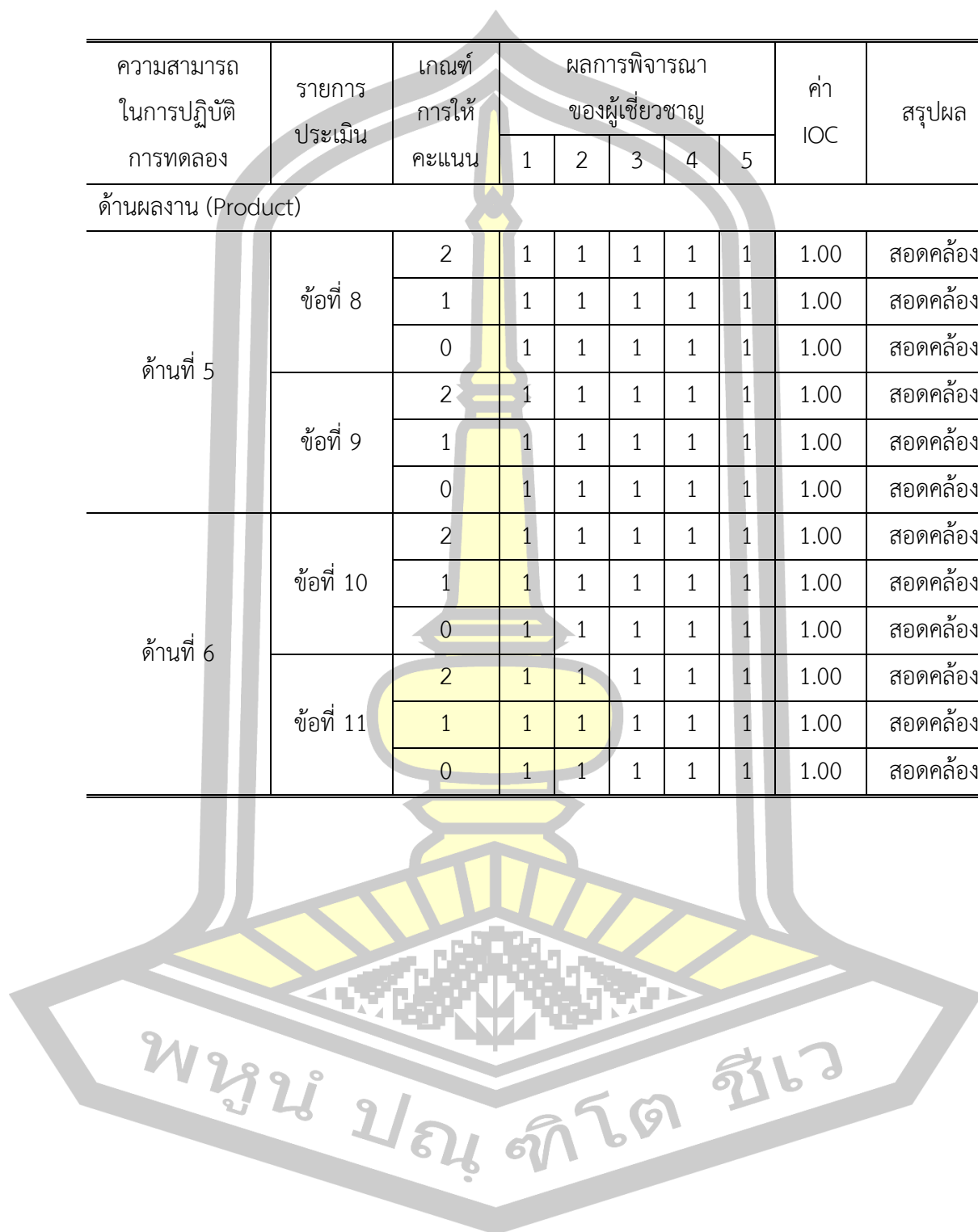


ตาราง 33 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน
(การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า
ในวงจร)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านกระบวนการ (Process)									
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 3	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 4	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 3	ข้อที่ 5	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 4	ข้อที่ 6	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 7	1	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 33 (ต่อ)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านผลงาน (Product)									
ด้านที่ 5	ข้อที่ 8	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 9	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 6	ข้อที่ 10	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 11	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง



ตาราง 34 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน
(การทดลองหาไอเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่)

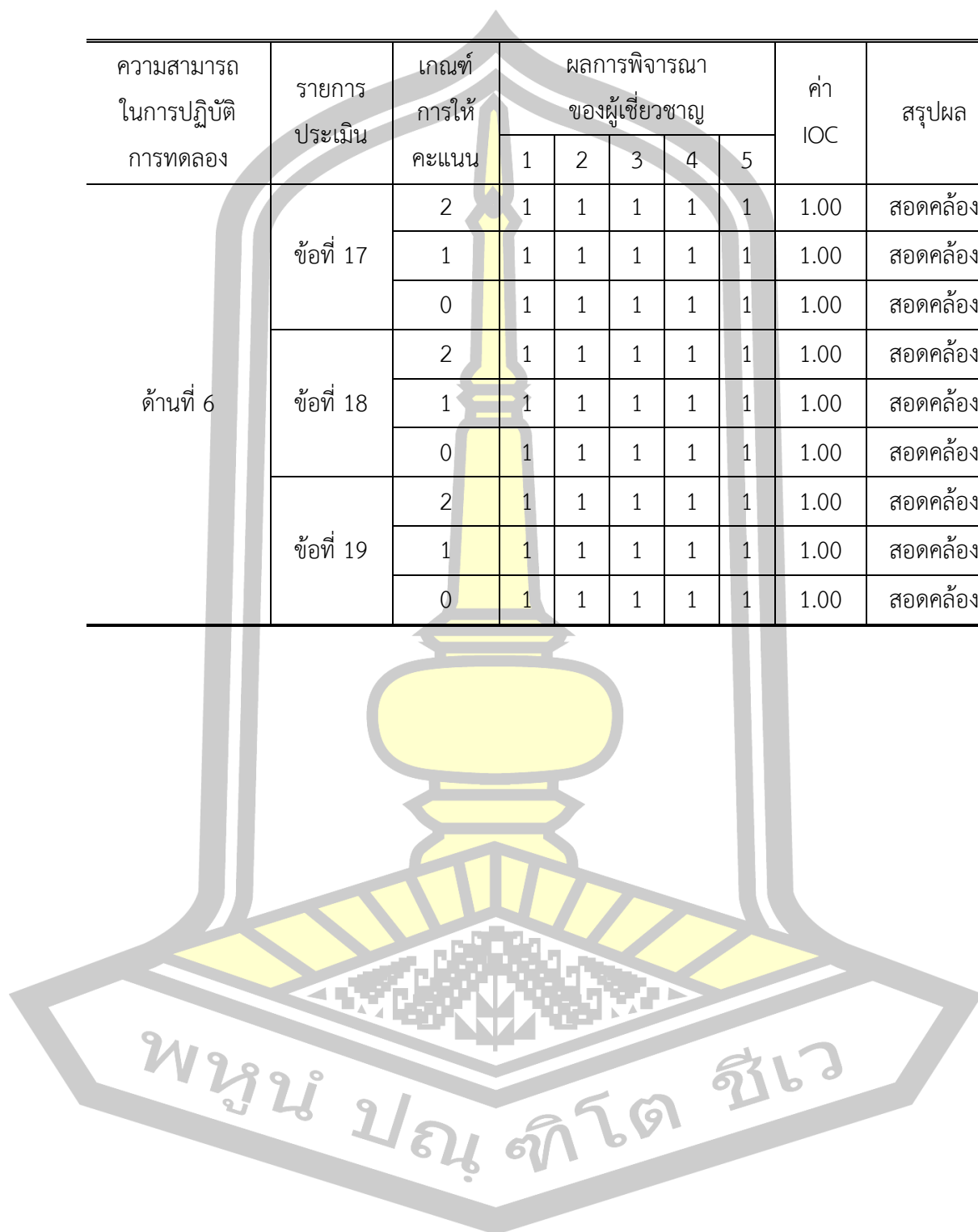
ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านกระบวนการ (Process)									
ด้านที่ 1	ข้อที่ 1	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
ด้านที่ 2	ข้อที่ 2	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 3	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 4	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 5	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 6	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 7	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง

ตาราง 34 (ต่อ)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล	
			1	2	3	4	5			
	ข้อที่ 8	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
ด้านที่ 3	ข้อที่ 9	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
ด้านที่ 4	ด้านที่ 10	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 11	1	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
ด้านผลงาน (Product)										
	ข้อที่ 12	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 13	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ด้านที่ 5	ข้อที่ 14	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
			1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
			0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ด้านที่ 15	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
	ข้อที่ 16	1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	

ตาราง 34 (ต่อ)

ความสามารถ ในการปฏิบัติ การทดลอง	รายการ ประเมิน	เกณฑ์ การให้ คะแนน	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	สรุปผล
			1	2	3	4	5		
ด้านที่ 6	ข้อที่ 17	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 18	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
	ข้อที่ 19	2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง
		0	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง





ภาคผนวก ง

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

พหุ ประถมศึกษา

คู่มือดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม

ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติ

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียน เป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการแสดงผลการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) และแบบวัดแต่ละฉบับมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติ ทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการ ดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกตในขณะที่ นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลอง ของนักเรียน

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ

แบบวัดภาคปฏิบัติภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์นี้เป็นฉบับที่ 1 การทดลองกฎของ โอห์ม ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบวัดภาคปฏิบัติแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนน

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติ

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการ เรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถวัดได้เป็นรายบุคคล หรือสามารถวัดเป็นกลุ่ม

แต่ไม่ควรเกินกลุ่มละ 5 คน และควรกำหนดตำแหน่งที่นั่งของนักเรียนให้อยู่ตำแหน่งเดิมตลอดการ
ปฏิบัติการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อง่ายต่อการให้คะแนนของครู ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ครูศึกษารายละเอียดของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้
คะแนน
2. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การ
ให้คะแนนแก่นักเรียน
3. ครูจัดเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลอง
กฎของโอห์ม
4. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองและแจกแบบรายงานผลการทดลอง
แก่นักเรียน
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลองกฎของโอห์ม 50 นาที
ครูให้สัญญาณเริ่มทำการทดลอง และจับเวลาในการปฏิบัติการทดลอง
6. ครูประเมินให้คะแนนนักเรียนแต่ละคนในขณะที่ปฏิบัติการทดลองตามรายการ
ประเมิน และตรวจแบบรายงานผลการทดลอง

เกณฑ์การประเมินผล

ผ่าน ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (12 คะแนนขึ้นไป)

ไม่ผ่าน ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 12 คะแนน)

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

การทดลองทางที่ 1
หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง กฎของโอห์ม

จุดประสงค์

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำกับความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดตัวนำ

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 50 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 4 ก้อน พร้อมกระบะ 1 ชุด
2. แอมมิเตอร์ 1 เครื่อง
3. โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
4. สายไฟพร้อมปากหนีบ 4 เส้น
5. ลวดนิโครมยาว 50 เซนติเมตร หรือตัวต้านทาน 8-15 โอห์ม 1 เส้น (ตัว)

วิธีการทดลอง

1. จัดให้แผ่นโลหะในกระบะแบตเตอรี่อยู่ในตำแหน่งของแบตเตอรี่ 1 ก้อน จากนั้นต่อแบตเตอรี่ 1 ก้อนกับลวดนิโครม ดังวงจรในรูป ก. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ข.



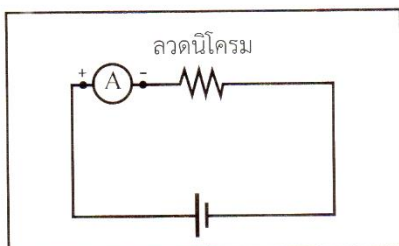
ก.



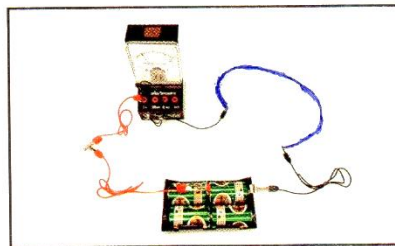
ข.

รูป วงจรและการต่ออุปกรณ์เพื่อให้เป็นวงจรปิด

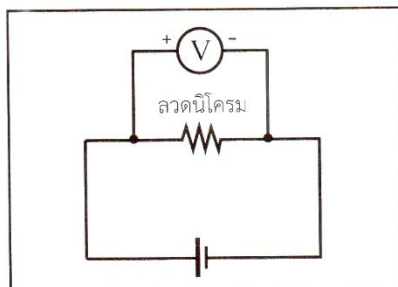
2. ต่อแอมมิเตอร์กับวงจร เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร ดังวงจรงในรูป ค. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ง. อ่านและบันทึกกระแสไฟฟ้า จากนั้นปลดแอมมิเตอร์แล้วต่อโวลต์มิเตอร์เพื่อวัดความต้อศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครม ดังวงจรงในรูป จ. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ฉ. อ่านและบันทึกความต้อศักย์



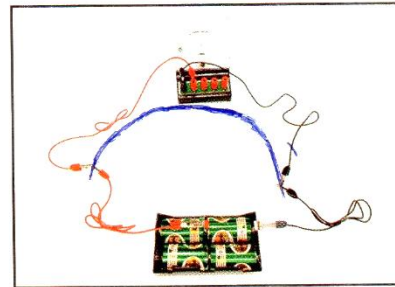
ค.



ง.



จ.



ฉ.

รูป วงจรงและการต่ออุปกรณ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต้อศักย์

3. ทดลองซ้ำข้อ 1. และ 2. โดยเปลี่ยนตำแหน่งแผ่นโลหะในกระบะไปที่ตำแหน่งของแบตเตอรี่ 2, 3 และ 4 ก่อน ตามลำดับ
4. นำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟ โดยให้กระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนตั้ง และความต้อศักย์อยู่บนแกนนอน

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว

แบบรายงานผลการทดลองที่ 1
เรื่อง การทดลองกฎของโอห์ม

ทำการทดลองวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-สกุลชั้น ม.5/.....เลขที่.....

โรงเรียน.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....
.....

ผลการทดลอง

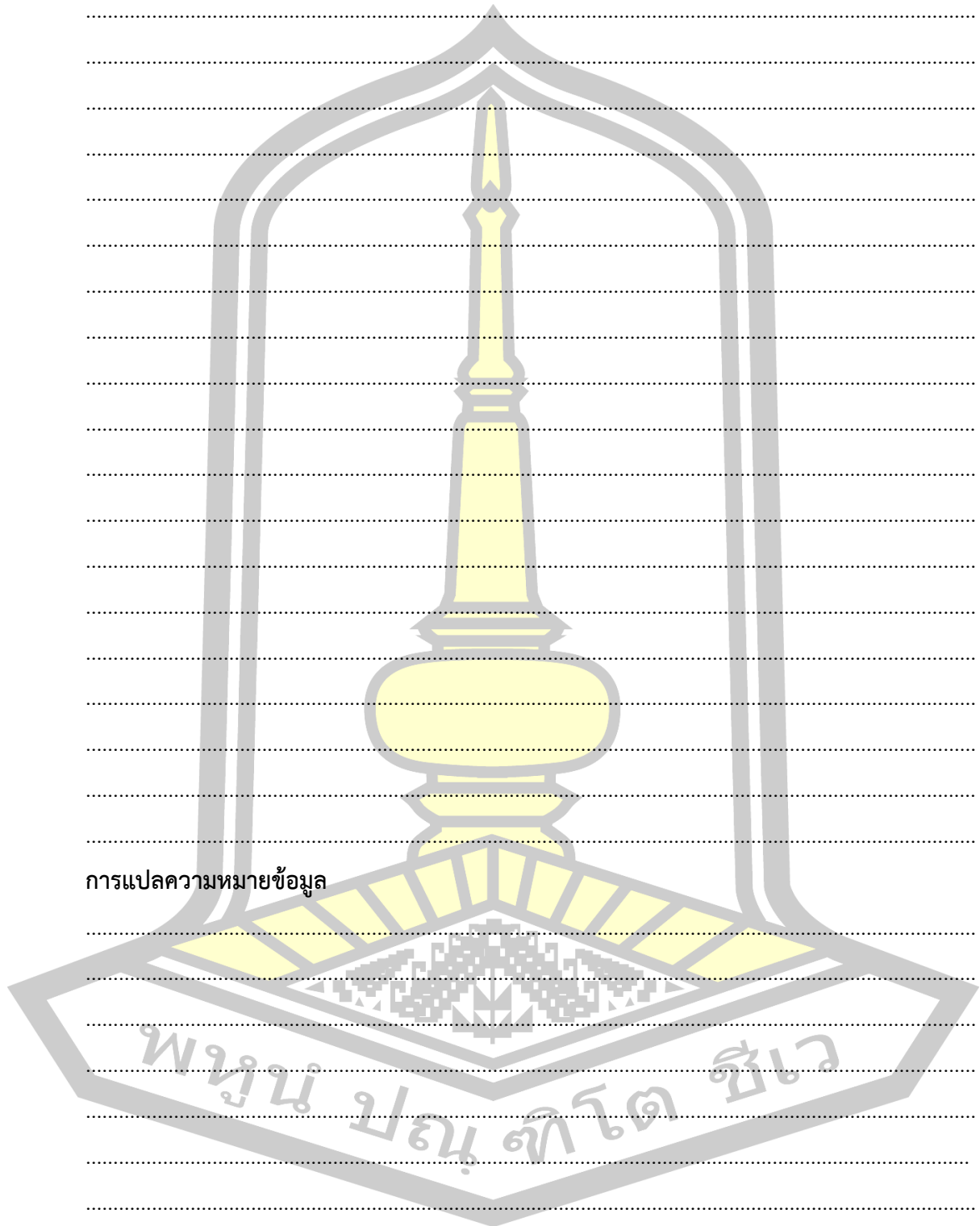
1. ตารางแสดงผลการทดลอง



2. กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง



การแปลความหมายข้อมูล

พจนานุกรมศัพท์โต ชีวะ

คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์มีลักษณะอย่างไร

.....

.....

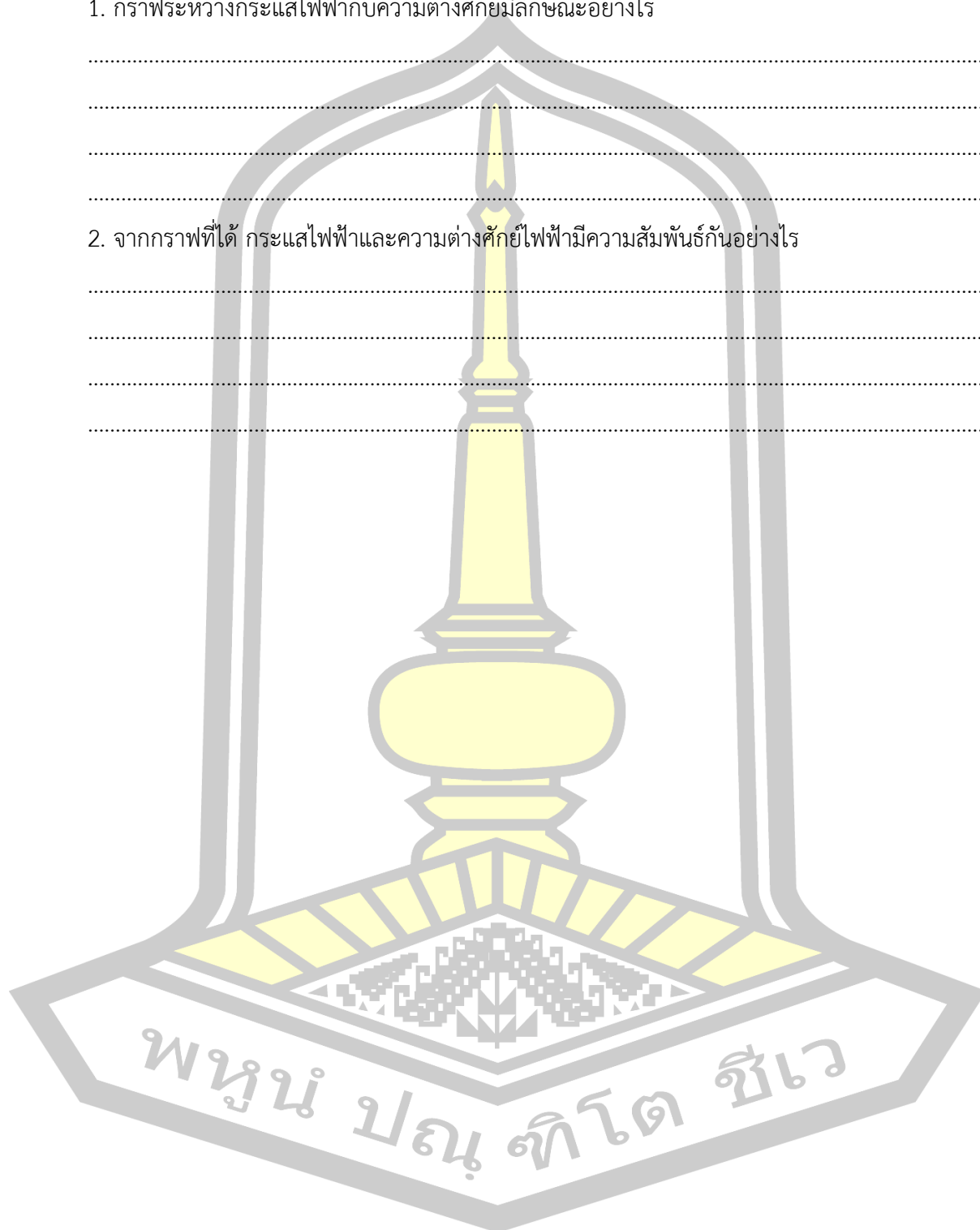
.....

2. จากกราฟที่ได้ กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

.....



**แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม**

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/..... เลขที่..... โรงเรียน.....

คำชี้แจง โปรดภาเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการประเมินของท่าน โดยเทียบกับเกณฑ์
การให้คะแนนที่กำหนดให้

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
ด้านกระบวนการ (Process)				
1. ด้านเทคนิค การทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองกฎของโอห์มได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระเบาะ 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ และ 5) ลวดนิโครมยาว 50 เซนติเมตร (หรือตัวต้านทานขนาด 8-15 โอห์ม)			
2. ด้านการดำเนินการทดลอง	2. การต่อสายไฟ ลวดนิโครม และแบตเตอรี่เข้าด้วยกันให้เป็นวงจรปิดได้อย่างถูกต้อง			
	3. การต่อสายไฟและแอมมิเตอร์เข้าด้วยกันแล้วนำไปต่อแบบอนุกรมกับวงจร และอ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
	4. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อแบบขนานกับวงจร และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครมจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
3. ด้านความคล่องแคล่ว ในการทดลอง	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้			
4. ด้านความมีระเบียบ ในการทดลอง	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง			
	7. การทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
ด้านผลงาน (Product)				
5. ด้านการจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยต้องประกอบด้วยจำนวนแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า			
	9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้กระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนตั้ง และความต่างศักย์อยู่บนแกนนอน			
6. ด้านการแปล ความหมายของข้อมูล และการสรุป	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครม ($I \propto V$ หรือ $I = kV$)			
	11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $I = kV$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ว่า $k = 1/R$ และเรียกค่า R นี้ว่าความต้านทาน (resistance)			
คะแนนรวม				

ผ่าน ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (12 คะแนนขึ้นไป)

ไม่ผ่าน ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 12 คะแนน)

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

พหุบัณฑิตวิทยาลัย

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ด้านเทคนิค การทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองกฎของโอห์มได้ถูกต้อง และครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระบอก 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ 5) ลวดนิโครมยาว 50 เซนติเมตร (หรือตัวต้านทานขนาด 8-15 โอห์ม)	2 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ได้ถูกต้องและครบถ้วน ทั้ง 5 รายการ 1 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้อง เพียง 3-4 รายการ 0 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ถูกต้อง เพียง 1-2 รายการ หรือเลือกใช้ไม่ถูกต้องเลย
2. ด้านการดำเนิน การ ทดลอง	2. การต่อสายไฟ ลวดนิโครม และแบตเตอรี่ เข้าด้วยกันให้เป็นวงจรปิดได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด
	3. การต่อสายไฟและแอมมิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อแบบอนุกรมกับวงจร และอ่านค่า กระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	4. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อแบบขนานกับวงจรและอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายของลวดนิโครมจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด
3. ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้	2 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา 1 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความคล่องแคล่ว แต่เสร็จไม่ทันเวลา 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่คล่องแคล่ว และเสร็จไม่ทันเวลา
4. ด้านความมีระเบียบในการทดลอง	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะปฏิบัติการทดลอง	1 เมื่อ จัดพื้นที่และวางอุปกรณ์/เครื่องมืออย่างเป็นระเบียบเหมาะสม 0 เมื่อ จัดพื้นที่และวางอุปกรณ์/เครื่องมือไม่เป็นระเบียบ

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	7. การทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น	1 เมื่อ ทำความสะอาดพื้นที่และเก็บอุปกรณ์/เครื่องมืออย่างเรียบร้อย 0 เมื่อ ไม่ทำความสะอาดพื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ หรือทำไม่เรียบร้อย
5. ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยต้องประกอบด้วยจำนวนแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้า	2 เมื่อ ออกแบบตาราง ได้เหมาะสม และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตาราง ได้เหมาะสม บันทึกข้อมูลถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตาราง ไม่เหมาะสม บันทึกข้อมูลไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้กระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนตั้ง และความต่างศักย์อยู่บนแกนนอน	2 เมื่อ เขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ตามหลักการ และมีรายละเอียดครบถ้วน 1 เมื่อ เขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ถูกต้อง ตามหลักการ แต่มีรายละเอียดไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ เขียนกราฟความสัมพันธ์ไม่ถูกต้อง ตามหลักการ และมีรายละเอียดไม่ครบถ้วน

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
6. ด้านการแปล ความหมายของข้อมูล และการสรุป	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวด นิโครมแปรผันตรงกับความต่างศักย์ ระหว่างปลายของลวดนิโครม ($I \propto V$ หรือ $I = kV$)	2 เมื่อ สรุปผลการ ทดลองถูกต้องและ ครบถ้วน 1 เมื่อ สรุปผลการ ทดลองถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน 0 เมื่อ สรุปผลการ ทดลองไม่ถูกต้องและไม่ ครบถ้วน
	11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $I = kV$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ ว่า $k = 1/R$ และเรียกค่า R นี้ว่า ความ ต้านทาน (resistance)	2 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลถูกต้อง และมี รายละเอียดสำคัญ ครบถ้วน 1 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลถูกต้อง แต่ขาด รายละเอียดสำคัญบาง ประการ 0 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลไม่ถูกต้องและขาด รายละเอียดสำคัญทั้งหมด

พหุ ประถมศึกษา

คู่มือดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ฉบับที่ 2 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติ

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียน เป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการแสดงผลการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) และแบบวัดแต่ละฉบับมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติ ทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกตในขณะที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจรายการทดลองของนักเรียน

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ

แบบวัดภาคปฏิบัติภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์นี้เป็นฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบวัดภาคปฏิบัติแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนน

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติ

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถวัดได้เป็นรายบุคคล หรือสามารถวัด
เป็นกลุ่มแต่ไม่ควรเกินกลุ่มละ 5 คน และควรกำหนดตำแหน่งที่นั่งของนักเรียนให้อยู่ตำแหน่งเดิม
ตลอดการปฏิบัติการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อง่ายต่อการให้คะแนนของครู ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ครูศึกษารายละเอียดของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนน
2. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนนแก่นักเรียน
3. ครูจัดเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร
4. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองและแจกแบบรายงานผลการทดลองแก่นักเรียน
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร 100 นาที ครูให้สัญญาณเริ่มทำการทดลอง และจับเวลาในการปฏิบัติการทดลอง
6. ครูประเมินให้คะแนนนักเรียนแต่ละคนในขณะปฏิบัติการทดลองตามรายการประเมิน และตรวจแบบรายงานผลการทดลอง

เกณฑ์การประเมินผล

- | | |
|---------|---|
| ผ่าน | ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (12 คะแนนขึ้นไป) |
| ไม่ผ่าน | ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 12 คะแนน) |

พหุบัณฑิต โสว

การทดลองที่ 2

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

จุดประสงค์

เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าในวงจร

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที

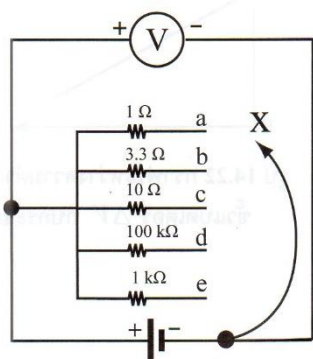
วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน 1 Ω , 3.3 Ω , 10 Ω , 100 Ω , และ 1 k Ω อย่างละ 1 ตัว
2. แบตเตอรี่ 1 ก้อน พร้อมกระเบาะ 1 ชุด
3. โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
4. สายไฟพร้อมปากหนีบ 4 เส้น

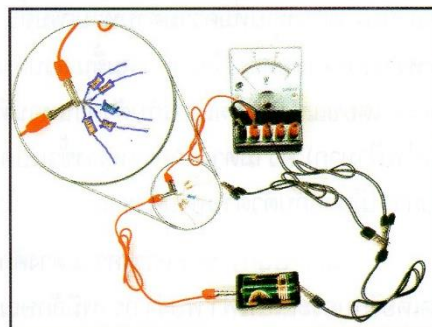
วิธีการทดลอง

1. นำปลายข้างหนึ่งของตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 1 โอห์ม 3.3 โอห์ม 10 โอห์ม 100 โอห์ม และ 1 กิโลโอห์ม มาต่อกัน แล้วต่อปลายรวมเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ ส่วนปลายที่เหลือของตัวต้านทานปล่อยอิสระ และต่อสาย X เข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ดังรูป ก. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ข.
2. วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ ซึ่งค่านี้คือ พลังงานที่ประจุไฟฟ้าหนึ่งหน่วยถ่ายโอนให้กับวงจรไฟฟ้า โดยต่อขั้วบวกของแบตเตอรี่กับขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ ต่อขั้วลบของแบตเตอรี่กับขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ ดังรูป อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์

พจน ปรณ ทิโต ชีเว



ก.



ข.

รูป การวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ของแบตเตอรี่

3. ใช้สายไฟ X ต่อกับตัวต้านทาน 1 โอห์ม ที่ตำแหน่ง a ดังรูป อ่านและบันทึกความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์
4. ทำซ้ำข้อ 3. แต่เปลี่ยนให้สายไฟต่อกับตัวต้านทาน 3.3 โอห์ม 10 โอห์ม 100 โอห์ม และ 1 กิโลโอห์ม ทีละตัว ที่ตำแหน่ง b, c, d และ e ตามลำดับ
5. คำนวณกระแสไฟฟ้าสำหรับแต่ละค่าของความต่างศักย์ระหว่างขั้ว จากนั้นเขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วกับกระแสไฟฟ้า โดยให้ความต่างศักย์อยู่บนแกนตั้ง และกระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนนอน

พหุ ประถมศึกษา

แบบรายงานผลการทดลองที่ 2

เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

ทำการทดลองวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-สกุลชั้น ม.5/.....เลขที่.....

โรงเรียน.....

จุดประสงค์การทดลอง

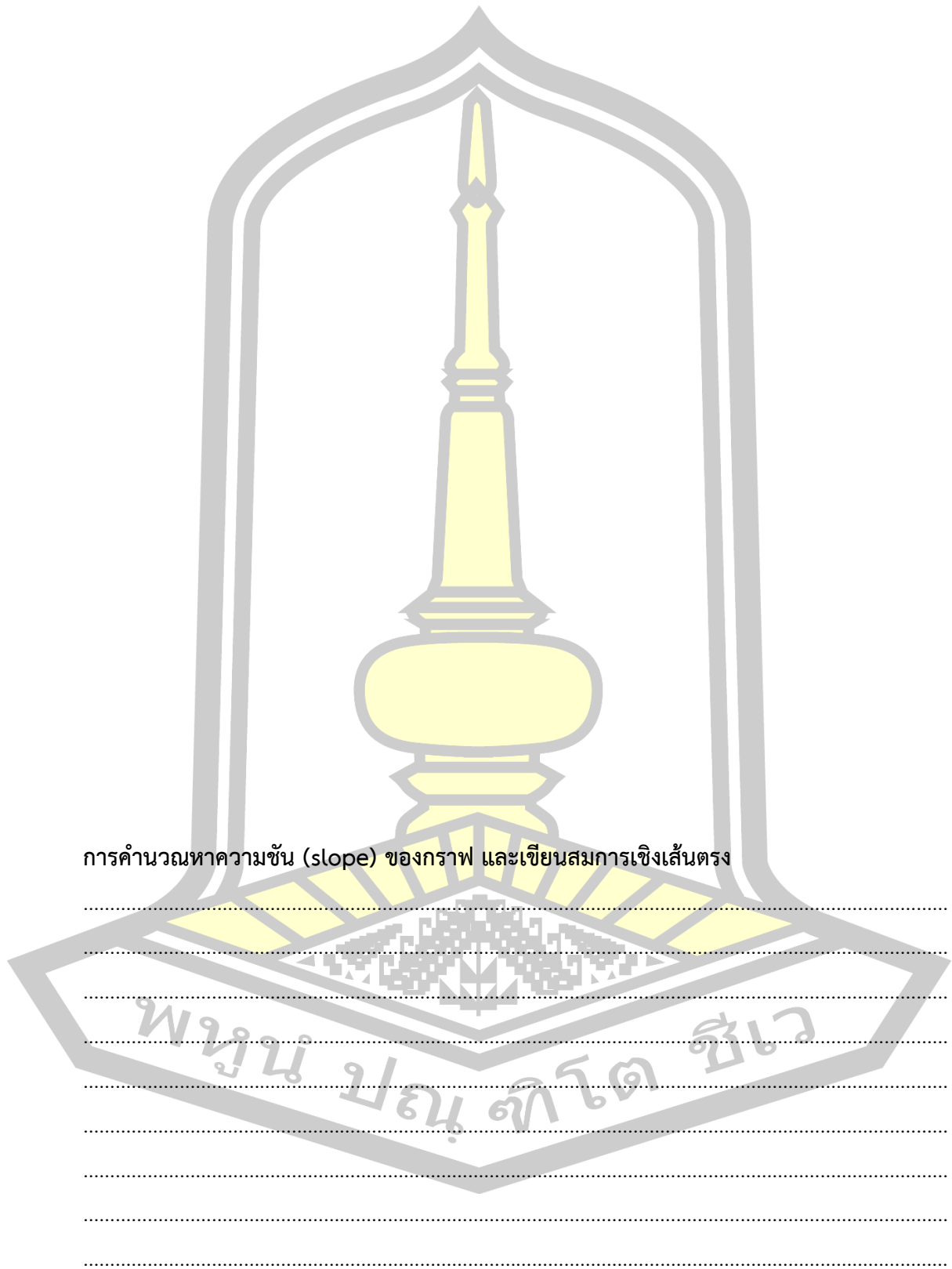
ผลการทดลอง

1. ตารางแสดงผลการทดลอง

พหุ มช. ๒๕๖๓

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า

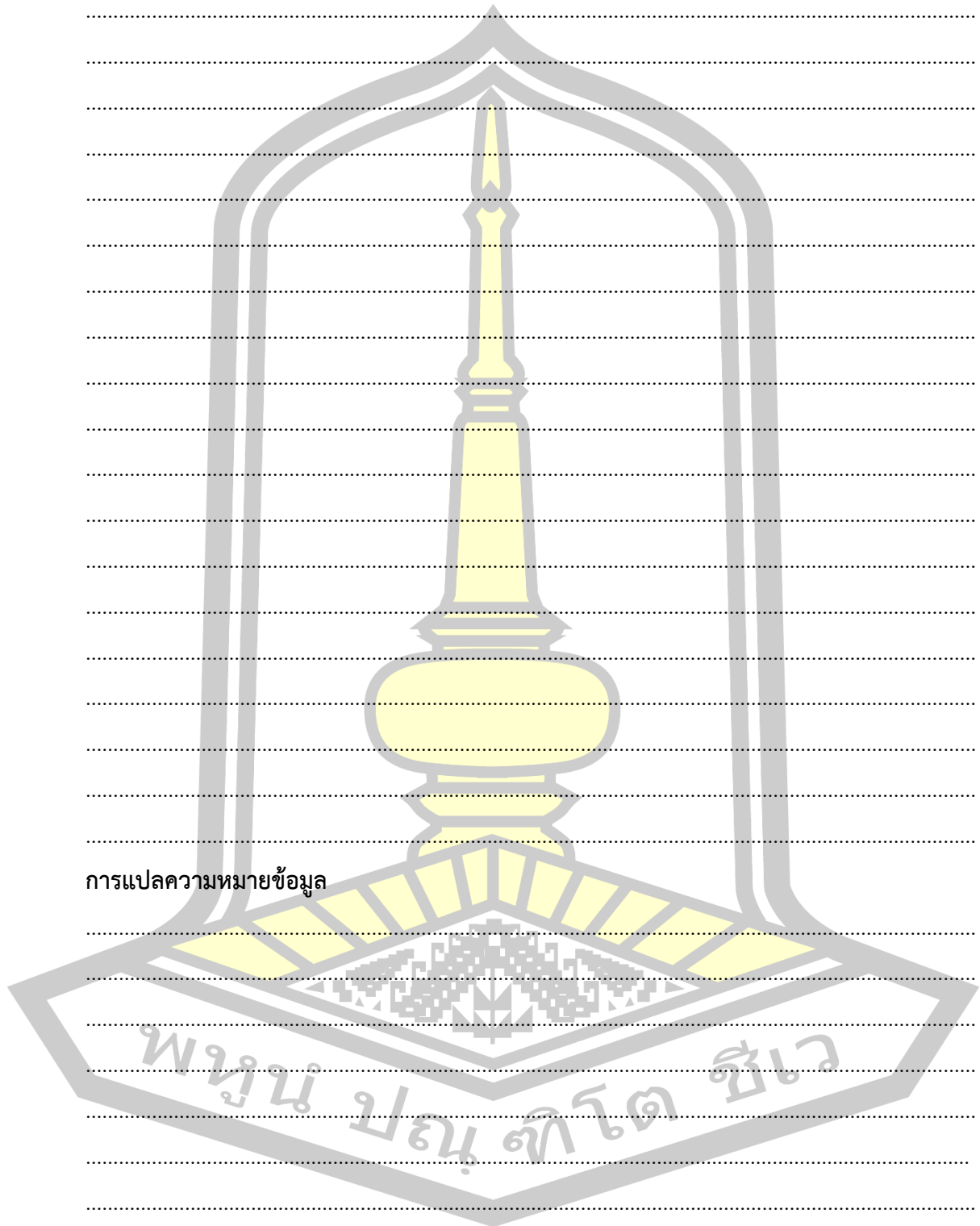
2. กราฟระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า



การคำนวณหาความชัน (slope) ของกราฟ และเขียนสมการเชิงเส้นตรง

พญนู ปณ กิโต สีเว

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง



การแปลความหมายข้อมูล

พจนานุกรมศัพท์ชีว

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในขณะที่ยังไม่ต่อสายไฟ X กับตัวต้านทาน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าแตกต่างจากเมื่อต่อสายไฟ X กับตัวต้านทานอื่น ๆ อย่างไร

2. เมื่อต่อสายไฟ X กับตัวต้านทานที่มีค่าเพิ่มขึ้น ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าในวงจรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

3. กราฟระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทั้งสองได้อย่างไร

พจนานุกรม สืบค้น

**แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์
ระหว่างขั้วแบตเตอรี่**

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/..... เลขที่.....

โรงเรียน.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการประเมินของท่าน โดยเทียบกับเกณฑ์
การให้คะแนนที่กำหนดให้

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
ด้านกระบวนการ (Process)				
1. ด้านเทคนิค ทดลอง	การ 1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองหาความสัมพันธ์ ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ กับกระแสไฟฟ้าใน วงจรได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) ตัวต้านทาน 2) แบตเตอรี่พร้อมกระเบาะ 3) โวลต์มิเตอร์ และ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ			
2. ด้านการดำเนิน ทดลอง	การ 2. การต่อปลายข้างหนึ่งของตัวต้านทานทุกตัวเข้าด้วยกัน แล้ว นำไปต่อกับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อสายไฟกับขั้วลบของ แบตเตอรี่ เพื่อไว้สำหรับต่อกับปลายที่เหลืออีกข้าง ของตัวต้านทานแต่ละตัวได้อย่างถูกต้อง			
	3. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของ โวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบของ โวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และอ่านค่าความต่าง ศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง			
	4. การใช้สายไฟเส้นที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแบตเตอรี่ ต่อเข้ากับปลายที่เหลือของตัวต้านทานทีละตัว และอ่านค่าความ ต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
3. ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้			
4. ด้านความมีระเบียบในการทดลอง	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะปฏิบัติการทดลอง			
	7. การทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น			
ด้านผลงาน (Product)				
5. ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วย ความต้านทานที่ต่อกับแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน			
	9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่อยู่บนแกนตั้ง และกระแสไฟฟ้าอยู่บนแกนนอน			
6. ด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้ามี่แนวโน้มเป็นความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยความต่างศักย์ระหว่างขั้วเพิ่มขึ้นแต่กระแสไฟฟ้าลดลง ($y = -ax + b$)			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการ ประเมิน		
		2	1	0
	11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $y = -ax + b$ ได้ถูกต้อง โดยแปลความหมายได้ว่าความชันของกราฟ คือ ค่าติดลบของความชันภายใน และจุดตัด คือ จุดที่ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับอีเอ็มเอฟ ของแบตเตอรี่			
คะแนนรวม				

- ผ่าน ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (12 คะแนนขึ้นไป)
- ไม่ผ่าน ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 12 คะแนน)

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.



เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 2 การทดลองหา
ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ด้านเทคนิค การทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ กับกระแสไฟฟ้าในวงจรได้ถูกต้อง และครบถ้วน ได้แก่ 1) ตัวต้านทาน 2) แบตเตอรี่พร้อมกระบอก 3) โวลต์มิเตอร์ 4) สายไฟพร้อมปากหนีบ	2 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องและครบถ้วน ทั้ง 4 รายการ 1 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้อง เพียง 2-3 รายการ 0 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ถูกต้อง เพียง 1 รายการ หรือเลือกใช้ไม่ถูกต้องเลย
2. ด้านการดำเนิน การทดลอง	2. การต่อปลายข้างหนึ่งของตัวต้านทาน ทุกตัวเข้าด้วยกัน แล้วนำไปต่อกับขั้วบวกของ แบตเตอรี่ และต่อสายไฟกับขั้วลบ ของแบตเตอรี่ เพื่อไว้สำหรับต่อกับปลาย ที่เหลืออีกข้างของตัวต้านทานแต่ละตัว ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด
	3. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับ ขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบ ของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบ ของแบตเตอรี่ และอ่านค่าความต่างศักย์ ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	4. การใช้สายไฟเส้นที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแบตเตอรี่ต่อเข้ากับปลายที่เหลือของตัวต้านทานทีละตัว และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด
3. ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง	5. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้	2 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา 1 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความคล่องแคล่ว แต่เสร็จไม่ทันเวลา 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่คล่องแคล่ว และเสร็จไม่ทันเวลา
4. ด้านความมีระเบียบในการทดลอง	6. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะปฏิบัติ การทดลอง	1 เมื่อ จัดพื้นที่และวางอุปกรณ์/เครื่องมืออย่างเป็นระเบียบเหมาะสม 0 เมื่อ จัดพื้นที่และวางอุปกรณ์/เครื่องมือไม่เป็นระเบียบ

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	7. การทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บ อุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลอง เสร็จสิ้น	1 เมื่อ ทำความสะอาด พื้นที่และเก็บอุปกรณ์/ เครื่องมืออย่างเรียบร้อย 0 เมื่อ ไม่ทำความสะอาด พื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/ เครื่องมือ หรือทำไม่ เรียบร้อย
5. ด้านการจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	8. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วยความต้านทาน ที่ต่อกับแบตเตอรี่ ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว แบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้า และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน	2 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม และบันทึกข้อมูล ถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม บันทึกข้อมูล ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตารางไม่ เหมาะสม บันทึกข้อมูลไม่ ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	9. การเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความ ต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องเหมาะสม โดยให้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่อยู่ บนแกนตั้ง และกระแสไฟฟ้าอยู่บน แกนนอน	2 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ได้ถูกต้องตาม หลักการ และมีรายละเอียด ครบถ้วน 1 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ได้ถูกต้องตาม หลักการ แต่มีรายละเอียดไม่ ครบถ้วน 0 เมื่อ เขียนกราฟ ความสัมพันธ์ไม่ถูกต้องตาม หลักการ และมีรายละเอียด ไม่ครบถ้วน

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
6. ด้านการแปล ความหมายของข้อมูล และการสรุป	10. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่าง ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้ามีแนวโน้มเป็น ความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยความต่างศักย์ ระหว่างขั้วเพิ่มขึ้นแต่กระแสไฟฟ้าลดลง ($y = -ax + b$)	2 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องและครบถ้วน 1 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	11. การแปลความหมายข้อมูลจากสมการ $y = -ax + b$ ได้ถูกต้อง โดยแปล ความหมายได้ว่าความชันของกราฟ คือ ค่าติดลบของความต้านทานภายใน และจุดตัด คือ จุดที่ความต่างศักย์ระหว่าง ขั้วแบตเตอรี่เท่ากับอีเอ็มเอฟของ แบตเตอรี่	2 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลถูกต้อง และมี รายละเอียดสำคัญครบถ้วน 1 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลถูกต้อง แต่ขาด รายละเอียดสำคัญบาง ประการ 0 เมื่อ แปลความหมาย ข้อมูลไม่ถูกต้องและขาด รายละเอียดสำคัญทั้งหมด

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ

คู่มือดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ฉบับที่ 3 เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ลักษณะของแบบวัดภาคปฏิบัติ

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เป็นเครื่องมือวัดความสามารถของนักเรียน เป็นรายบุคคลในการปฏิบัติการทดลองและการแสดงผลการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubric) และแบบวัดแต่ละฉบับมีรายละเอียดแบ่งออกเป็น 6 ด้าน ซึ่งจะครอบคลุมการวัดภาคปฏิบัติ ทั้งด้านกระบวนการ (Process) และด้านผลงาน (Product) มีรายละเอียด ดังนี้

ด้านกระบวนการ (Process) มี 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านการ ดำเนินการทดลอง ด้านความคล่องแคล่ว และด้านความมีระเบียบ ซึ่งวัดโดยอาศัยการสังเกตในขณะที่ นักเรียนปฏิบัติการทดลอง

ด้านผลงาน (Product) มี 2 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล และด้านการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป ซึ่งวัดโดยอาศัยการตรวจจรรยาผลการทดลอง ของนักเรียน

แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ มีจำนวน 3 ฉบับ ได้แก่

ฉบับที่ 1 การทดลองกฎของโอห์ม จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 2 การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ กับกระแสไฟฟ้าในวงจร จำนวน 11 ข้อ

ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ จำนวน 19 ข้อ

แบบวัดภาคปฏิบัติภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์นี้เป็นฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็ม เอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ แบบวัด ภาคปฏิบัติแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนน

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติ

การดำเนินการวัดภาคปฏิบัติโดยใช้แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์
หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถวัดได้เป็นรายบุคคล หรือสามารถวัด
เป็นกลุ่มแต่ไม่ควรเกินกลุ่มละ 5 คน และควรกำหนดตำแหน่งที่นั่งของนักเรียนให้อยู่ตำแหน่งเดิม
ตลอดการปฏิบัติการทดลองในแต่ละครั้ง เพื่อง่ายต่อการให้คะแนนของครู ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ครูศึกษารายละเอียดของแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนน
2. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ และเกณฑ์การให้คะแนนแก่นักเรียน
3. ครูจัดเตรียมเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร
4. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองและแจกแบบรายงานผลการทดลองแก่นักเรียน
5. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ 100 นาที ครูให้สัญญาณเริ่มทำการทดลอง และจับเวลาในการปฏิบัติการทดลอง
6. ครูประเมินให้คะแนนนักเรียนแต่ละคนในขณะที่ปฏิบัติการทดลองตามรายการประเมิน และตรวจแบบรายงานผลการทดลอง

เกณฑ์การประเมินผล

ผ่าน ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (21 คะแนนขึ้นไป)

ไม่ผ่าน ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 21 คะแนน)

พนุน์ ปณฺ ทิโต ชเว

การทดลองที่ 3

หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

จุดประสงค์

1. หาอีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน
2. หาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม
3. หาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

เวลาที่ใช้ในการทดลอง 100 นาที

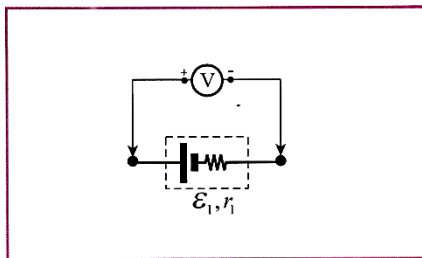
วัสดุและอุปกรณ์

1. แบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์ 1 ก้อน พร้อมกระเบะ 2 ชุด
2. แอมมิเตอร์ 1 เครื่อง
3. โวลต์มิเตอร์ 1 เครื่อง
4. ตัวต้านทาน 10-100 Ω 1 ตัว
5. สายไฟพร้อมปากหนีบ 8 เส้น

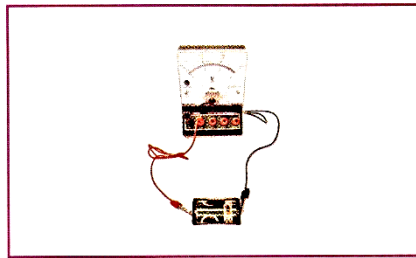
วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

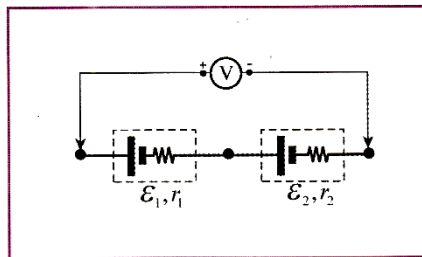
1. ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ที่อยู่ในกระเบะแต่ละก้อน ดังรูป ก. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ข. อ่านและบันทึกค่าที่วัดได้ ค่าสองค่านี้ใช้แทนอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อน (\mathcal{E}_1 และ \mathcal{E}_2)
2. นำแบตเตอรี่มาต่อแบบอนุกรม ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ดังรูป ค. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ง. อ่านและบันทึกค่าที่วัดได้ ค่านี้ใช้แทนอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบบอนุกรม (\mathcal{E}_s)
3. เปลี่ยนการต่อแบตเตอรี่เป็นการต่อแบบขนาน ใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ ดังรูป จ. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ได้ดังรูป ฉ. อ่านและบันทึกค่าที่วัดได้ ค่านี้ใช้แทนอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบบขนาน (\mathcal{E}_p)



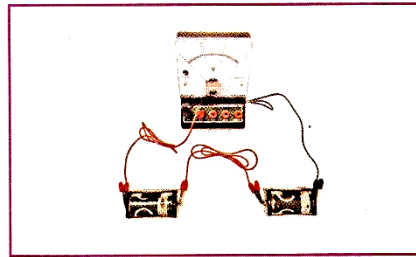
ก.



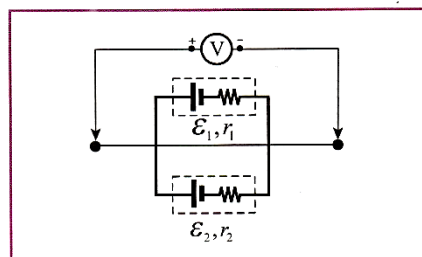
ข.



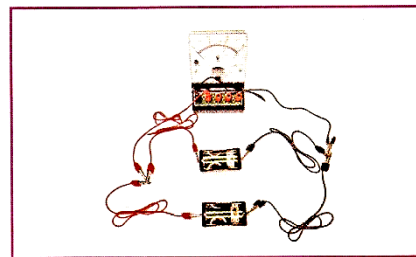
ค.



ง.



จ.



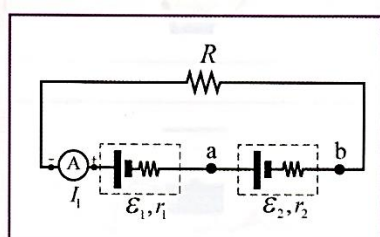
ฉ.

รูป วงจรและการต่ออุปกรณ์เพื่อศึกษาอีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

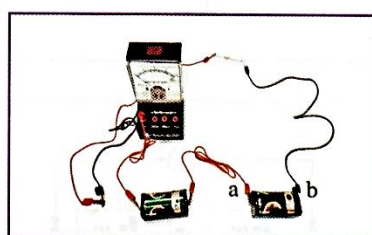


ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

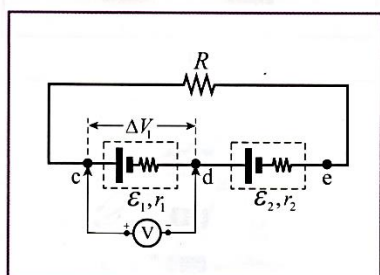
- นำแบตเตอรี่พร้อมกระบะ 2 ชุด มาต่อแบบอนุกรมแล้วต่อกับตัวต้านทานและแอมมิเตอร์ ดังรูปกิจกรรมตอนที่ 2 ก. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ดังรูป ข. วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 $b(I_1)$ อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้
- เปลี่ยนตำแหน่งแอมมิเตอร์ไปต่อเข้ากับวงจรที่จุด a เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (I_2) จากนั้นเปลี่ยนไปที่จุด b เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้แต่ละครั้ง



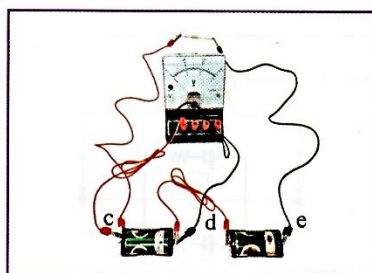
ก.



ข.



ค.



ง.

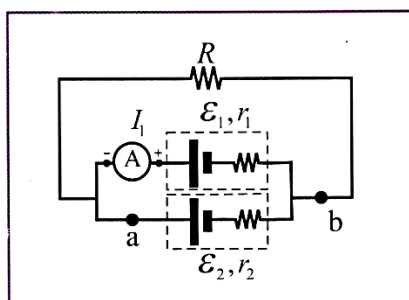
รูป วงจรและการต่ออุปกรณ์เพื่อศึกษาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

- นำแอมมิเตอร์ออก จากนั้นต่อโวลต์มิเตอร์เข้าในวงจร เพื่อวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ดังรูป ค. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ดังรูป ง. อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ที่วัดได้
- เปลี่ยนตำแหน่งการวัดของโวลต์มิเตอร์ไปวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด d กับ e ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (ΔV_2) จากนั้นเปลี่ยนไปวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด c กับ e (ΔV_{ce}) อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ที่วัดได้แต่ละครั้ง
- จากค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่วัดได้ รวมทั้งค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมในกิจกรรมตอนที่ 1 คำนวณความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน (r_1 และ r_2) และความต้านทานภายในสมมูล (r) ของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม บันทึกผล

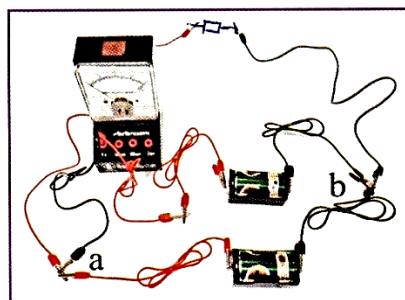
ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

1. นำแบตเตอรี่ 2 ชุด มาต่อแบบขนานแล้วต่อกับตัวต้านทานและแอมมิเตอร์ ดังรูปกิจกรรมตอนที่ 3 ก. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ดังรูป ข. วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้

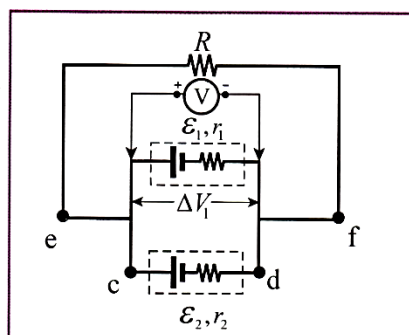
2. เปลี่ยนตำแหน่งแอมมิเตอร์ไปต่อเข้ากับวงจรที่จุด a เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (I_2) จากนั้นเปลี่ยนไปที่จุด b เพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) อ่านและบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้แต่ละครั้ง



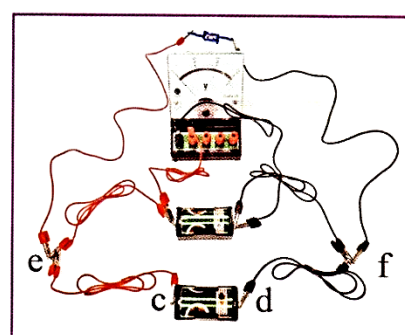
ก.



ข.



ค.



ง.

รูป วงจรและการต่ออุปกรณ์เพื่อศึกษาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

3. นำแอมมิเตอร์ออก จากนั้นต่อโวลต์มิเตอร์เข้าในวงจร เพื่อวัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ดังรูป ค. ซึ่งแสดงการต่ออุปกรณ์ดังรูป ง. อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ที่วัดได้

4. เปลี่ยนตำแหน่งการวัดของโวลต์มิเตอร์ไปวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด c กับ d ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 2 (ΔV_2) จากนั้นเปลี่ยนไปวัดความต่างศักย์ระหว่างจุด e กับ f (ΔV_{ef}) อ่านและบันทึกค่าความต่างศักย์ที่วัดได้แต่ละครั้ง

5. จากค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ที่วัดได้ รวมทั้งค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบขนานในกิจกรรมตอนที่ 1 คำนวณความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน (r)

แบบรายงานผลการทดลองที่ 3

เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ทำการทดลองวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-สกุลชั้น ม.5/.....เลขที่.....

โรงเรียน.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

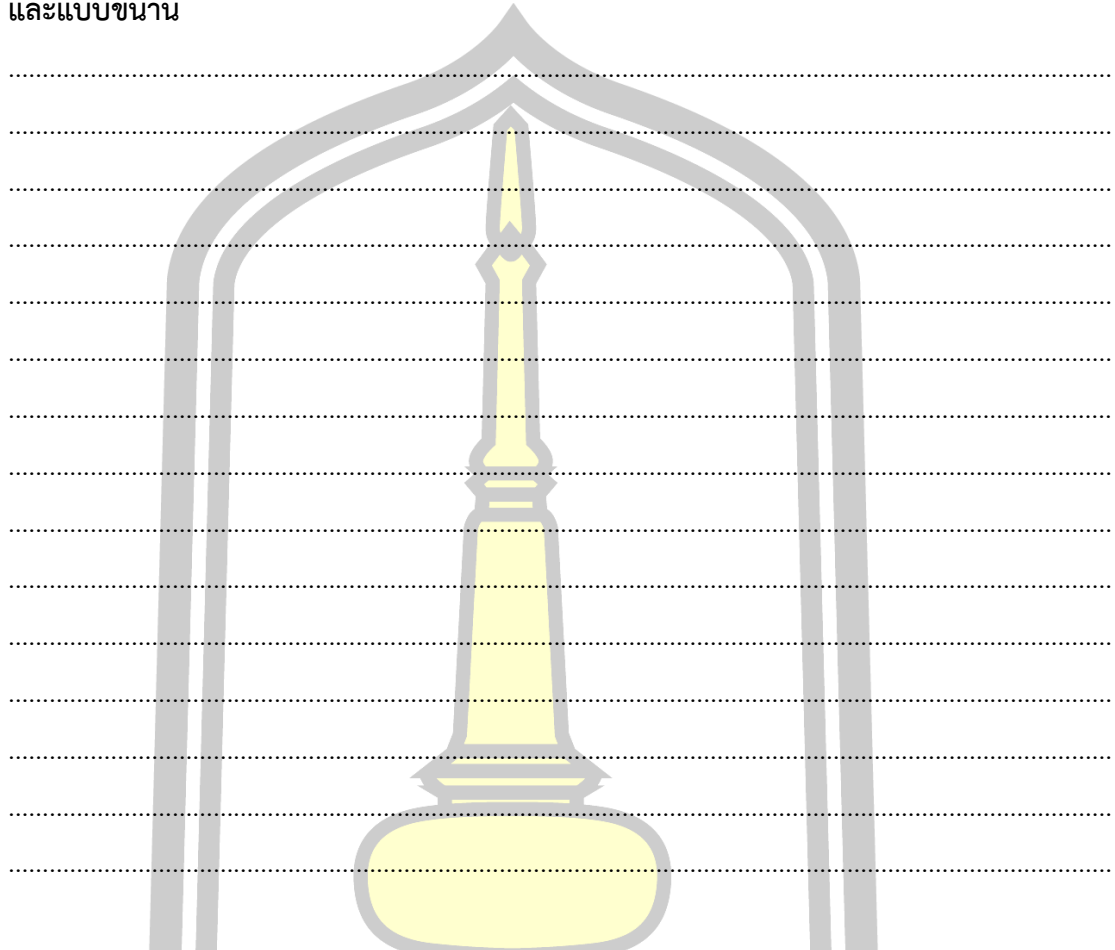
.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

ตารางแสดงผลการทดลอง



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม
และแบบขนาน



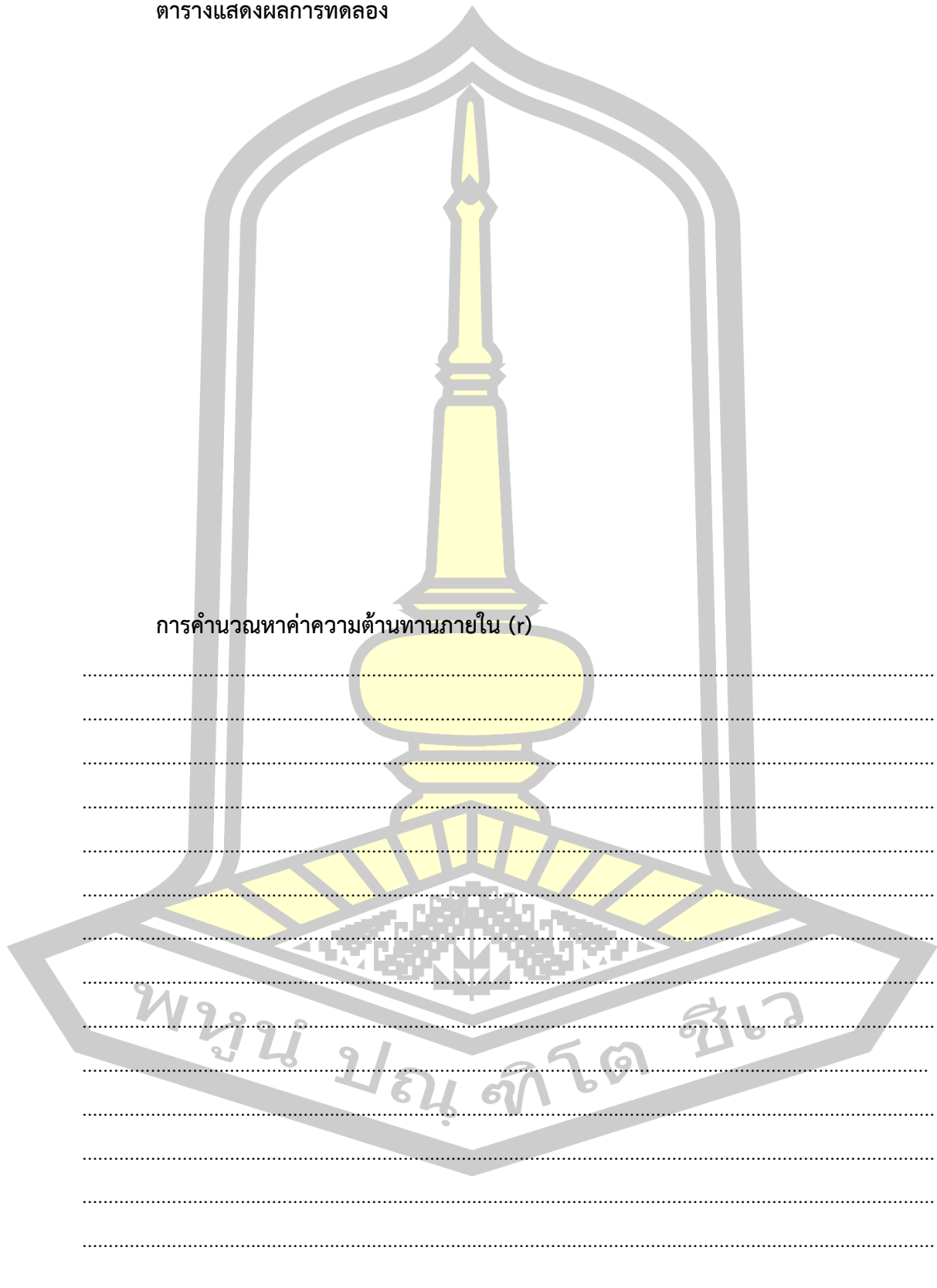
คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลแตกต่างจากอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนหรือไม่ อย่างไร

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลแตกต่างจากอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนหรือไม่ อย่างไร

ผลการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมุติของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

ตารางแสดงผลการทดลอง



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่
ที่ต่อแบบอนุกรม

คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

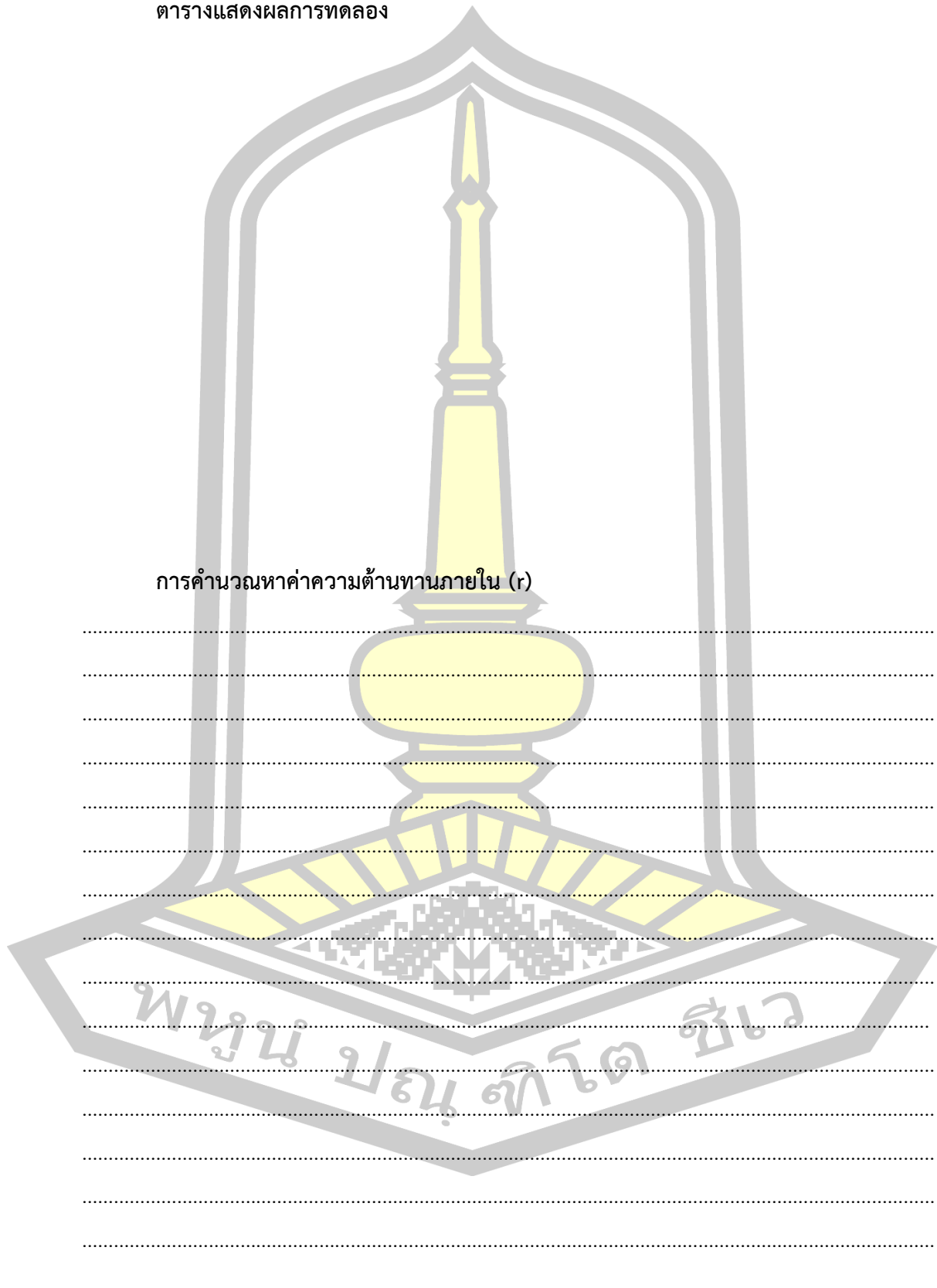
1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม กระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และ I ต่างกันหรือไม่ และผลรวมของ ΔV_1 และ ΔV_2 เท่ากับ ΔV_{ce} หรือไม่ อย่างไร

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ผลรวมของ r_1 และ r_2 เท่ากับ r หรือไม่ อย่างไร

พจนานุกรมศัพท์ชีว

ผลการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมุติของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

ตารางแสดงผลการทดลอง



สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ผลรวมของกระแสไฟฟ้า I_1, I_2 เท่ากับ I หรือไม่ และความต่างศักย์ $\Delta V_1, \Delta V_2$ และ ΔV_{cf} ต่างกันหรือไม่ อย่างไร

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ผลรวมของส่วนกลับของ r_1 และ r_2 เท่ากับส่วนกลับของ r หรือไม่ อย่างไร

**แบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ หน่วยการเรียนรู้ ไฟฟ้ากระแสตรง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่**

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/..... เลขที่.....

โรงเรียน.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการประเมินของท่าน โดยเทียบกับเกณฑ์
การให้คะแนนที่กำหนดให้

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
ด้านกระบวนการ (Process)				
1. ด้านเทคนิค การทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือในการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระเบ 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) ตัวต้านทาน และ 5) สายไฟพร้อมปากหนีบ			
2. ด้านการดำเนินการทดลอง	2. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
	3. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมกัน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
	4. การต่อแบตเตอรี่แบบขนานกัน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบขนานจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง			
	5. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกันต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) ก้อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
	6. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกันต่อเข้ากับตัวต้านทานแล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ก้อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง			
	7. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานกันต่อเข้ากับตัวต้านทานแล้วใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) ก้อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง			
	8. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานกันต่อเข้ากับตัวต้านทานแล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ก้อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง			
3. ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง	9. การปฏิบัติการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้			
4. ด้านความมีระเบียบในการทดลอง	10. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวางอุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะปฏิบัติการทดลอง			
	11. การทำความสะอาดพื้นที่และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือหลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น			
ด้านผลงาน (Product)				
5. ด้านการจัดกระทำและนำเสนอข้อมูล	12. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วยแบตเตอรี่ ค่าอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อน และค่าอีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
	13. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองหาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน			
	14. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูลผลการทดลองหาความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้องประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน			
	15. การคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน และความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมได้อย่างถูกต้อง			
	16. การคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน และความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานได้อย่างถูกต้อง			
6. ด้านการแปลความหมายของข้อมูล และการสรุป	17. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่าการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมทำให้โอเอ็มเอฟสมมูลเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับผลบวกของโอเอ็มเอฟของแบตเตอรี่ที่นำมาต่อกัน ส่วนการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน โอเอ็มเอฟสมมูลจะมีค่าเท่ากับโอเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อน			
	18. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่าการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกของความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่แต่ละก้อน และความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน			

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
		2	1	0
	19. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่าการต่อแบตเตอรี่แบบขนานกระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่แต่ละก้อน และส่วนกลับความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกของส่วนกลับความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน			
คะแนนรวม				

- ผ่าน ได้คะแนนร้อยละ 60 ขึ้นไป (21 คะแนนขึ้นไป)
- ไม่ผ่าน ได้คะแนนน้อยกว่าร้อยละ 60 (น้อยกว่า 21 คะแนน)

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.



เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดภาคปฏิบัติการทดลองทางฟิสิกส์ ฉบับที่ 3 การทดลองหาอีเอ็มเอฟ
สมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
1. ด้านเทคนิค การทดลอง	1. การเลือกใช้อุปกรณ์/เครื่องมือ ในการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูล และความต้านทานภายในสมมูล ของแบตเตอรี่ได้ถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ 1) แบตเตอรี่พร้อมกระบอก 2) แอมมิเตอร์ 3) โวลต์มิเตอร์ 4) ตัวต้านทาน 5) สายไฟพร้อมปากหนีบ	2 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้องและครบถ้วน ทั้ง 5 รายการ 1 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลองได้ ถูกต้อง เพียง 3-4 รายการ 0 เมื่อ เลือกใช้อุปกรณ์/ เครื่องมือในการทดลอง ถูกต้อง เพียง 1-2 รายการ หรือเลือกใช้ไม่ถูกต้องเลย
2. ด้านการดำเนิน การทดลอง	2. การต่อสายไฟและโวลต์มิเตอร์เข้าด้วยกัน แล้วนำขั้วบวกของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับ ขั้วบวกของแบตเตอรี่ และต่อขั้วลบ ของโวลต์มิเตอร์ต่อเข้ากับขั้วลบ ของแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟ ของแบตเตอรี่แต่ละก้อนจากโวลต์มิเตอร์ ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อ ครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด
	3. การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมกัน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่าง ขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่าอีเอ็มเอฟ สมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม จากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้องเมื่อ ครูชี้แนะเพิ่มเติมเล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลยต้อง ให้ครูชี้แนะเพิ่มเติมทั้งหมด

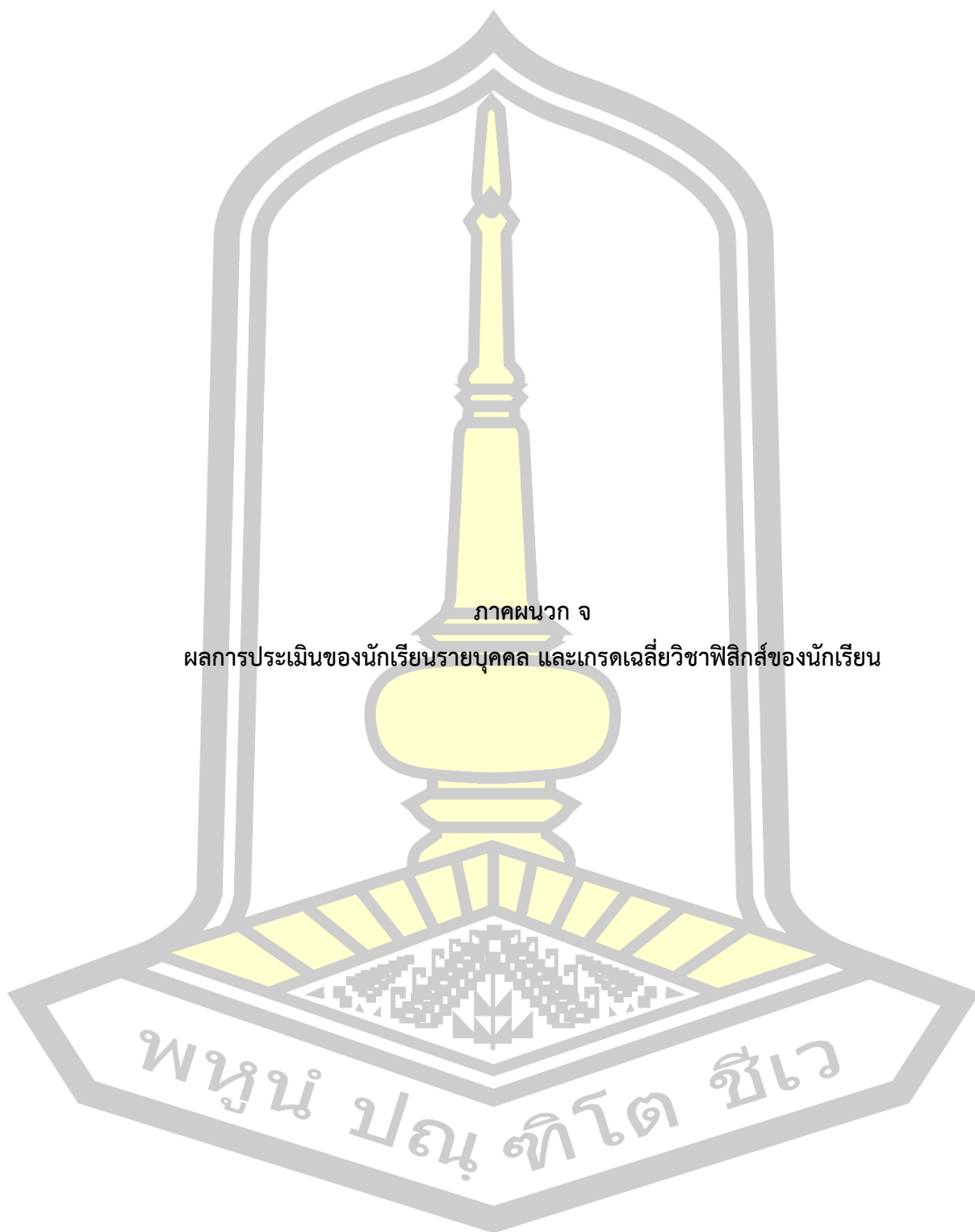
ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	4. การต่อแบตเตอรี่แบบขนานกัน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ ระหว่างขั้วของชุดแบตเตอรี่ และอ่านค่า อีเอ็มเอฟสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบ ขนานจากโวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติม ทั้งหมด
	5. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้แอมมิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่ก้อนที่ 1 (I_1) ก้อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติม ทั้งหมด
	6. การนำแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์ วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ ก้อนที่ 1 (ΔV_1) ก้อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติม ทั้งหมด

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	7. การนำแอมมิเตอร์ที่ต่อแบบขนานกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้แอมมิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแอมมิเตอร์ก่อนที่ 1 (I_1) ก่อนที่ 2 (I_2) และกระแสไฟฟ้าในวงจร (I) ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติม ทั้งหมด
	8. การนำแอมมิเตอร์ที่ต่อแบบขนานกัน ต่อเข้ากับตัวต้านทาน แล้วใช้โวลต์มิเตอร์ วัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วแอมมิเตอร์ ก่อนที่ 1 (ΔV_1) ก่อนที่ 2 (ΔV_2) และความต่างศักย์รวม (ΔV) ได้อย่างถูกต้อง	2 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง ด้วยตนเอง 1 เมื่อ ปฏิบัติได้ถูกต้อง เมื่อครูชี้แนะเพิ่มเติม เล็กน้อย 0 เมื่อ ปฏิบัติไม่ได้เลย ต้องให้ครูชี้แนะเพิ่มเติม ทั้งหมด
3. ด้านความ คล่องแคล่ว ในการทดลอง	9. การปฏิบัติการทดลองด้วยความ คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลาที่กำหนดได้	2 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความ คล่องแคล่ว และเสร็จทันเวลา 1 เมื่อ ปฏิบัติด้วยความ คล่องแคล่ว แต่เสร็จ ไม่ทันเวลา 0 เมื่อ ปฏิบัติ ไม่คล่องแคล่ว และเสร็จไม่ ทันเวลา

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
4. ด้านความมีระเบียบ ในการทดลอง	10. การจัดพื้นที่สำหรับการทดลอง เรียบร้อยเหมาะสม และการจัดวาง อุปกรณ์/เครื่องมือให้ใช้ได้สะดวกในขณะ ปฏิบัติ การทดลอง	1 เมื่อ จัดพื้นที่และวาง อุปกรณ์/เครื่องมืออย่าง เป็นระเบียบเหมาะสม 0 เมื่อ จัดพื้นที่และวาง อุปกรณ์/เครื่องมือไม่เป็น ระเบียบ
	11. การทำความสะอาดพื้นที่ และการจัดเก็บอุปกรณ์/เครื่องมือ หลังปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้น	1 เมื่อ ทำความสะอาด พื้นที่และเก็บอุปกรณ์/ เครื่องมืออย่างเรียบร้อย 0 เมื่อ ไม่ทำความสะอาด พื้นที่และไม่เก็บอุปกรณ์/ เครื่องมือ หรือทำไม่ เรียบร้อย
5. ด้านการจัดกระทำ และนำเสนอข้อมูล	12. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูล ได้อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้อง ประกอบด้วยแบตเตอรี่ ค่าอีเอ็มเอฟ ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน และค่าอีเอ็มเอฟ สมมูลของแบตเตอรี่ และบันทึกข้อมูล ถูกต้องครบถ้วน	2 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม และบันทึก ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม บันทึกข้อมูล ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตาราง ไม่เหมาะสม บันทึกข้อมูล ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
	13. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม ได้อย่างเหมาะสม โดยในตาราง ต้องประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน	2 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม และบันทึก ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม บันทึกข้อมูล ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตาราง ไม่เหมาะสม บันทึกข้อมูล ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	14. การออกแบบตารางนำเสนอข้อมูล ผลการทดลองหาความต้านทานภายใน สมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานได้ อย่างเหมาะสม โดยในตารางต้อง ประกอบด้วยแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความต้านทานภายใน และบันทึกข้อมูลถูกต้องครบถ้วน	2 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม และบันทึก ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน 1 เมื่อ ออกแบบตารางได้ เหมาะสม บันทึกข้อมูล ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ ออกแบบตาราง ไม่เหมาะสม บันทึกข้อมูล ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	15. การคำนวณหาค่าความต้านทาน ภายในและความต้านทานภายในสมมูล ของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมได้ อย่างถูกต้อง	1 เมื่อ คำนวณและ บันทึกผลถูกต้อง 0 เมื่อ คำนวณและ บันทึกผลไม่ถูกต้อง
	16. การคำนวณหาค่าความต้านทาน ภายในและความต้านทานภายในสมมูล ของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานได้ อย่างถูกต้อง	1 เมื่อ คำนวณและ บันทึกผลถูกต้อง 0 เมื่อ คำนวณและ บันทึกผลไม่ถูกต้อง

ประเด็นที่วัด ความสามารถ	รายการประเมิน	เกณฑ์การให้คะแนน
6. ด้านการแปล ความหมายของข้อมูล และการสรุป	17. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ทำให้ไอเอ็มเอฟสมมูลเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่าเท่ากับผลบวกของไอเอ็มเอฟของแบตเตอรี่ที่นำมาต่อกัน ส่วนการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ไอเอ็มเอฟสมมูลจะมีค่าเท่ากับ ไอเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อน	2 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องและครบถ้วน 1 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	18. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับกระแสไฟฟ้า ที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับผลบวก ของความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ แต่ละก้อน และความต้านทานภายในสมมูล ของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกความต้านทาน ภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน	2 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องและครบถ้วน 1 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
	19. การสรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง โดยสรุปได้ว่า การต่อแบตเตอรี่แบบขนาน กระแสไฟฟ้าในวงจรเท่ากับผลบวก ของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านแบตเตอรี่แต่ละก้อน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่เท่ากับ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ แต่ละก้อน และส่วนกลับความต้านทาน ภายในสมมูลของแบตเตอรี่เท่ากับผลบวกของ ส่วนกลับความต้านทานภายใน ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน	2 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องและครบถ้วน 1 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน 0 เมื่อ สรุปผลการทดลอง ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน



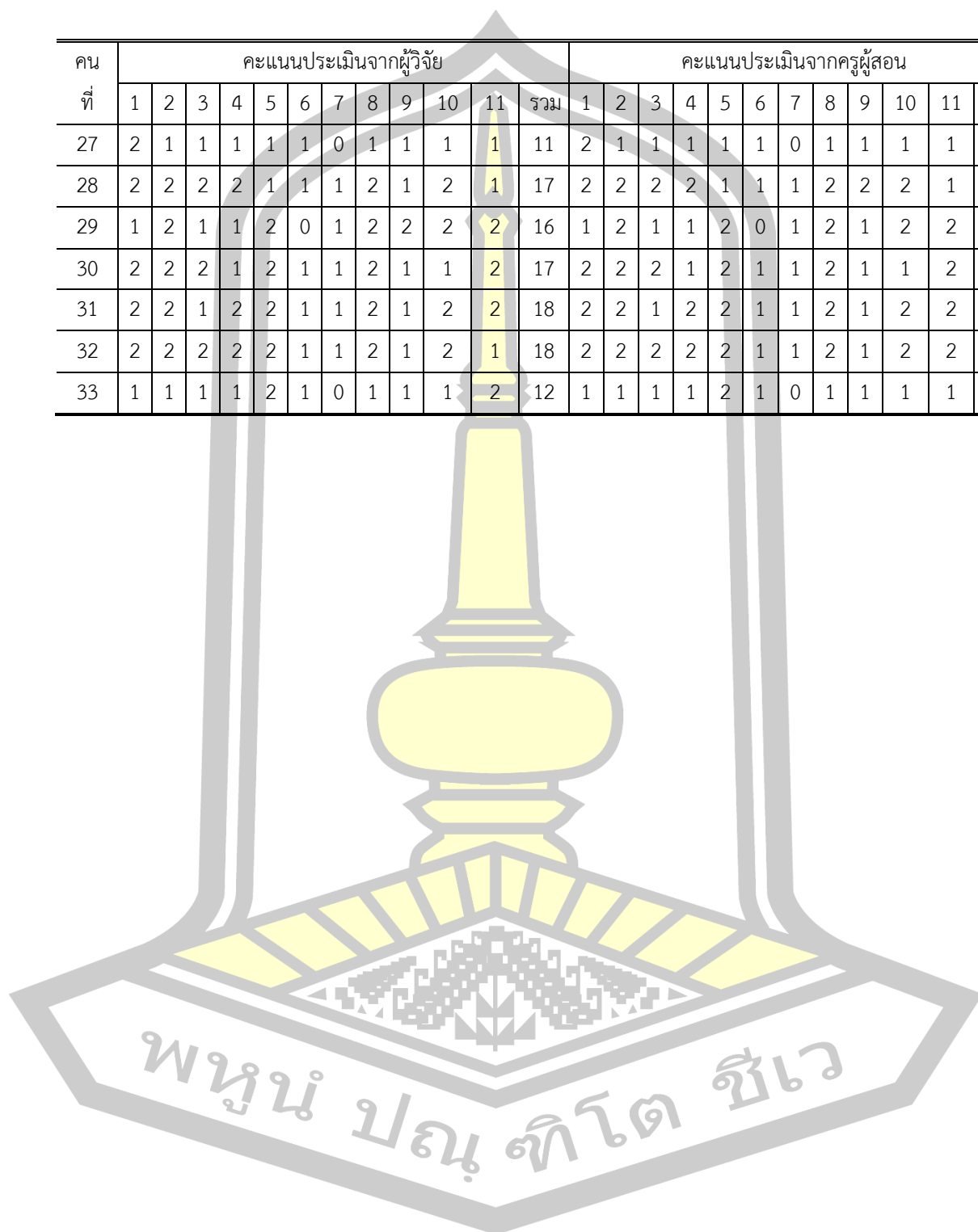
ภาคผนวก จ

ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล และเกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

พหุ ประเด็น พิโด ชีวะ

ตาราง 35 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
27	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11
28	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	17	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1	18
29	1	2	1	1	2	0	1	2	2	2	2	16	1	2	1	1	2	0	1	2	1	2	2	15
30	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	17	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	17
31	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	18	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	18
32	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	18	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	19
33	1	1	1	1	2	1	0	1	1	1	2	12	1	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1	11

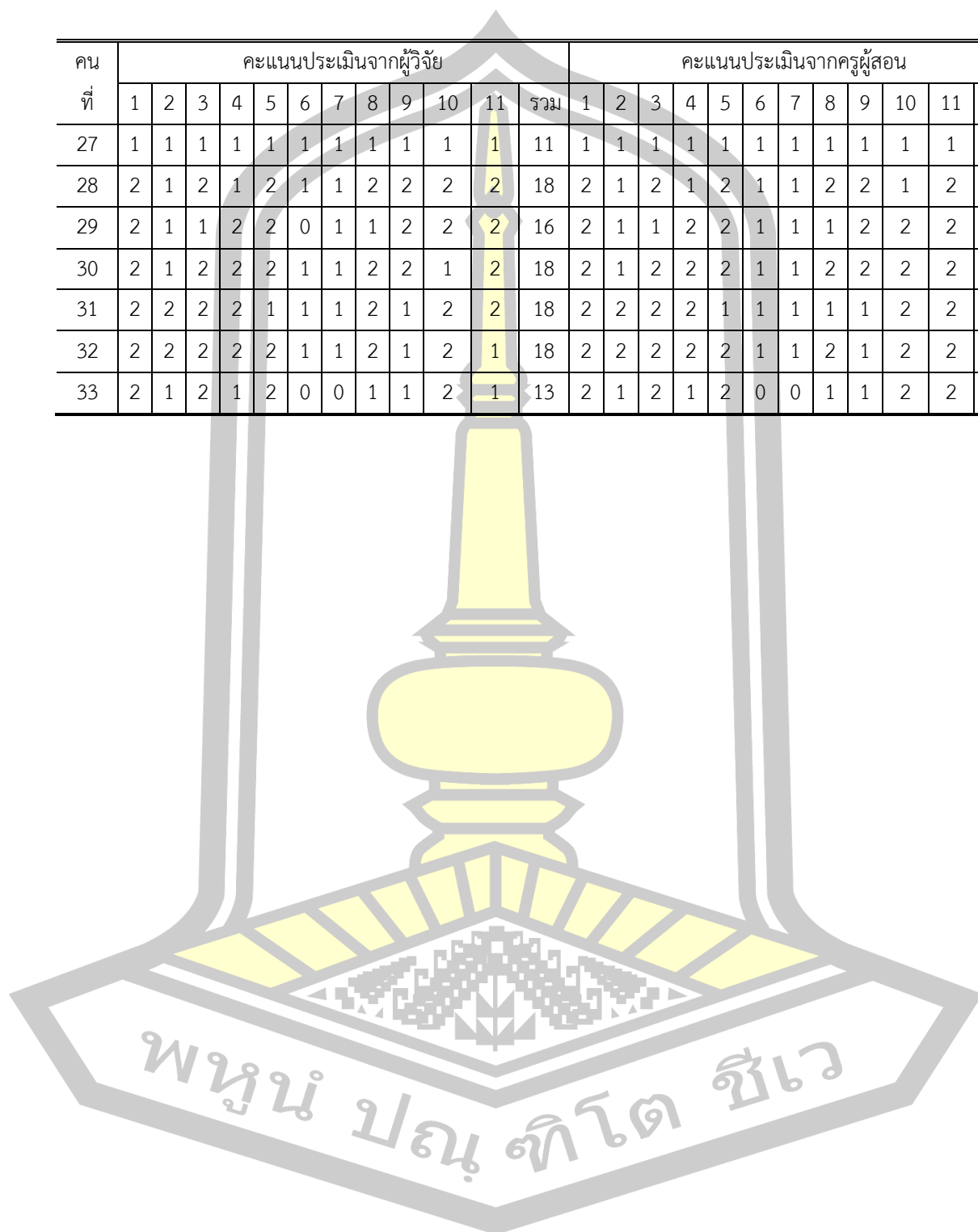


ตาราง 36 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 2 การทดลอง
หาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											คะแนนประเมินจากครูผู้สอน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม
1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	2	11	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10
3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
5	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	18	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	18
6	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
7	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	14	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	14
8	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
9	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2	2	17	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	17
10	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
11	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	19
12	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
13	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
14	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	13
15	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
17	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
18	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15
19	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16
20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	19
21	2	2	2	1	2	1	0	2	1	2	2	17	2	2	2	1	2	1	0	2	1	1	2	16
22	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	17	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2	2	17
23	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
24	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
25	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19
26	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10

ตาราง 36 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	
28	2	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	18	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	2	17
29	2	1	1	2	2	0	1	1	2	2	2	16	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	17
30	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1	2	18	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
31	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	17
32	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	18	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	19
33	2	1	2	1	2	0	0	1	1	2	1	13	2	1	2	1	2	0	0	1	1	2	2	14

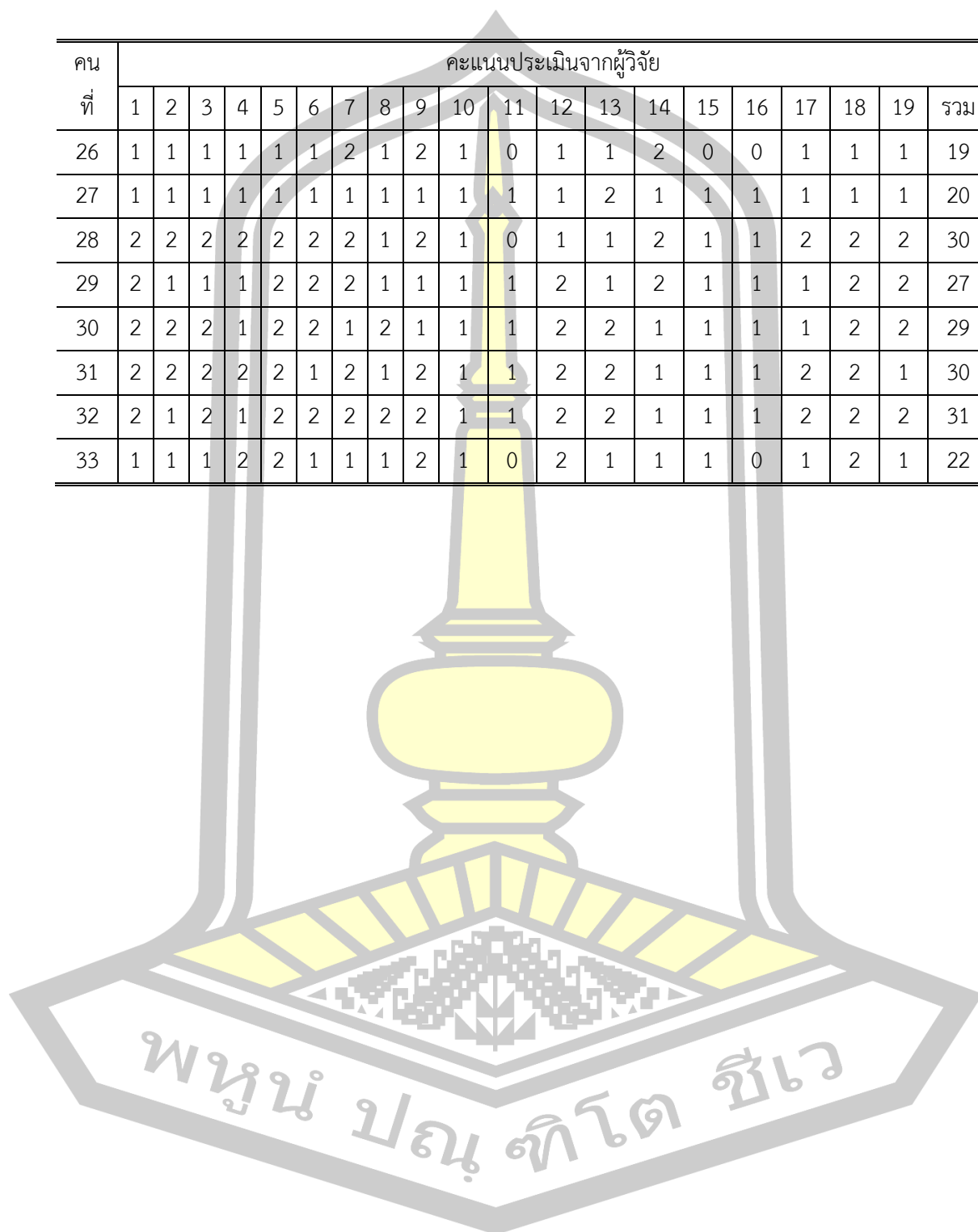


ตาราง 37 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 3
 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่
 (คะแนนประเมินจากผู้วิจัย)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	31
2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
3	2	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	0	0	2	1	1	19
4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	1	18
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	31
6	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	2	1	1	2	1	1	23
8	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	32
9	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	29
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	33
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	32
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	33
13	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
14	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	21
15	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	21
16	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	20
17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
18	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	23
19	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	0	1	1	2	1	24
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
21	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	29
22	1	1	1	2	1	2	2	2	1	0	0	1	2	2	1	1	2	2	1	25
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34

ตาราง 37 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
26	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	1	1	2	0	0	1	1	1	19
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	20
28	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	1	2	1	1	2	2	2	30
29	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	27
30	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	29
31	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	30
32	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	31
33	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	1	2	1	22

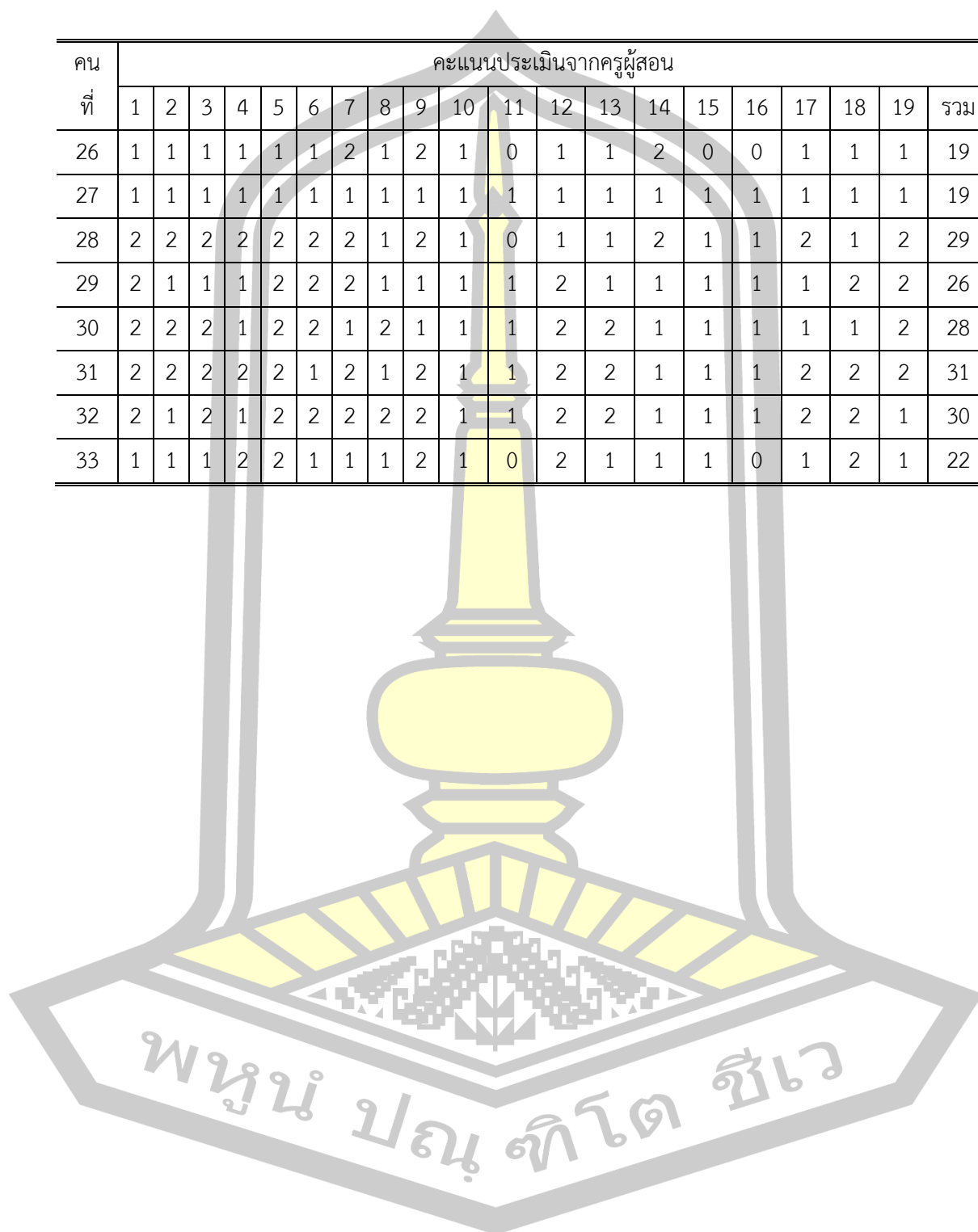


ตาราง 38 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดลองใช้ (Try out) ฉบับที่ 3
 การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่
 (คะแนนประเมินจากครูผู้สอน)

คนที่	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	30
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
3	2	2	1	1	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	18
4	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	2	2	1	19
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	31
6	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0	1	2	1	2	1	1	1	1	1	22
8	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
9	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	30
10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	32
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	33
12	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	32
13	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	32
14	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	21
15	1	1	2	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	22
16	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	20
17	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	33
18	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	24
19	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	0	1	1	1	1	23
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	33
21	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	28
22	1	1	1	2	1	2	2	2	1	0	0	1	2	2	1	1	2	2	1	25
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34

ตาราง 38 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
26	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	0	1	1	2	0	0	1	1	1	19
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	19
28	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	1	1	2	1	1	2	1	2	29
29	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	26
30	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	28
31	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	31
32	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	30
33	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	0	2	1	1	1	0	1	2	1	22



ตาราง 39 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 1

การทดลองกฎของโอห์ม

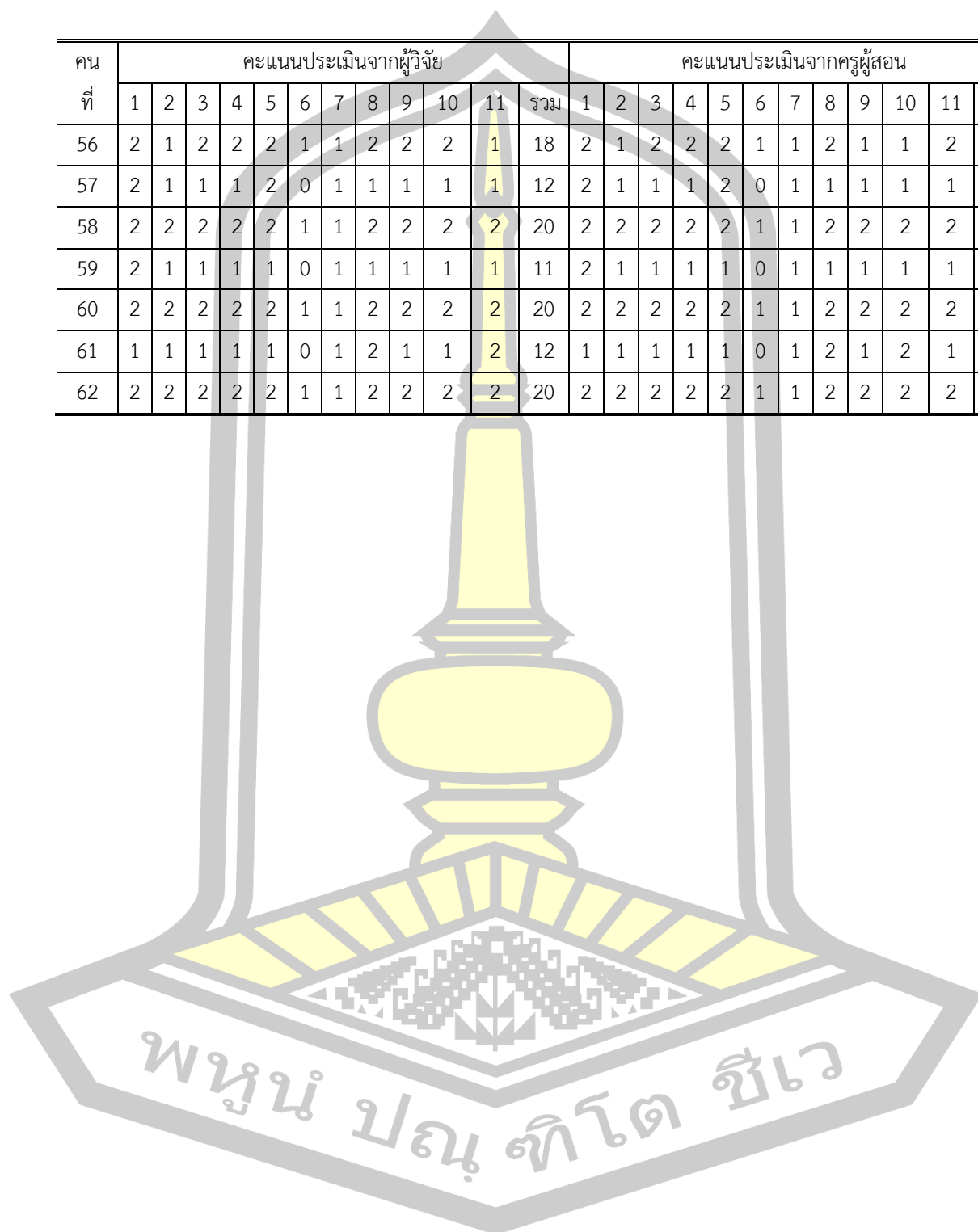
คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											คะแนนประเมินจากครูผู้สอน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
2	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19
3	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
5	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	19	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	19
6	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
7	2	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	16	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	16
8	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
9	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	19
10	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	19
11	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
12	1	1	2	1	1	0	1	1	1	2	2	13	1	1	2	1	1	0	1	1	1	1	2	12
13	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	2	12
14	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	16
15	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
16	2	1	1	2	1	1	1	2	2	1	2	16	2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	16
17	1	2	2	1	1	0	1	2	1	2	1	14	1	2	2	1	1	0	1	2	2	1	1	14
18	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	19
19	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19
20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
21	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	16	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	16
22	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	11
23	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	16	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	18
24	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	15	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	15
25	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
26	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20

ตาราง 39 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
27	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	18
28	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
29	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15
30	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1	11
32	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
33	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
34	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	2	1	1	1	11
35	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	18	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	18
36	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11	2	1	1	1	1	0	1	1	1	2	1	12
37	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
38	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
39	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	17	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	16
40	2	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	18	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	17
41	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	18	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	18
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
43	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	18	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	18
44	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15
45	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
46	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18
47	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	15	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	15
48	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
49	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	18	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	18
50	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
51	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	2	19	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	18
52	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	12	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	12
53	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
54	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
55	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18

ตาราง 39 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
56	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	18	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	17
57	2	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	12	2	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	12
58	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
59	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	11
60	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
61	1	1	1	1	1	0	1	2	1	1	2	12	1	1	1	1	1	0	1	2	1	2	1	12
62	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20



ตาราง 40 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 2 การทดลองหา
ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

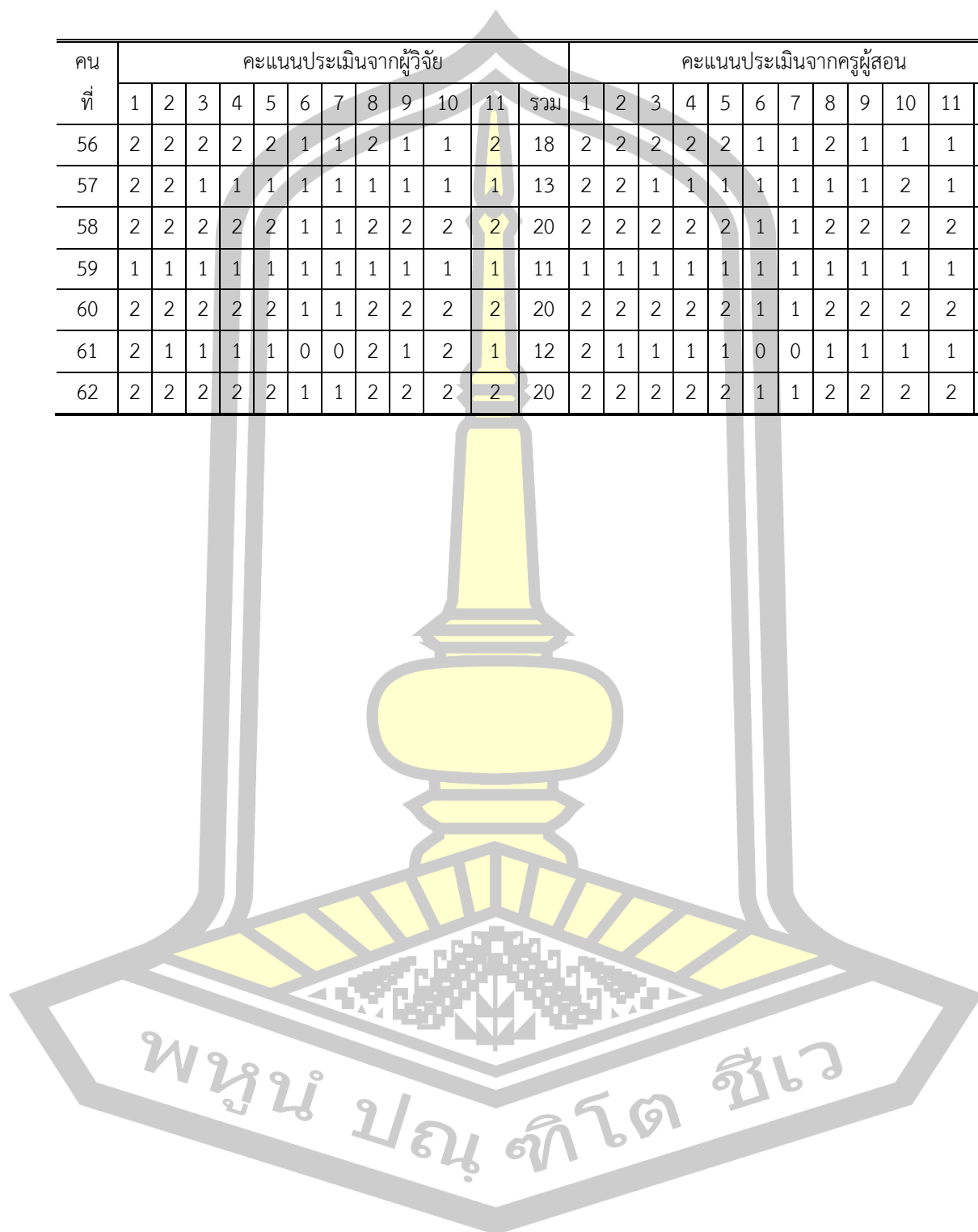
คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											คะแนนประเมินจากครูผู้สอน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	รวม
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
3	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
4	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	2	18	2	2	2	2	2	1	0	2	2	1	2	18
5	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	18	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	18
6	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
7	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15
8	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
9	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	17
10	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
11	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
12	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	14
13	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
14	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16
15	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	18
16	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	16
17	2	1	2	2	1	0	0	2	1	1	2	14	2	1	2	2	1	0	0	2	1	1	2	14
18	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
19	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	18	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	18
20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
21	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	17	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	16
22	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
23	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	17	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	17
24	2	1	2	2	1	0	0	2	1	1	2	14	2	1	2	2	1	0	0	2	1	1	2	14
25	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
26	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20

ตาราง 40 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
27	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19
28	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
29	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	15	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	15
30	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
31	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
32	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10
33	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10
34	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
35	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	17	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	18
36	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11	1	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11
37	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	10
38	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
39	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	17	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	17
40	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	17	2	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	17
41	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	17	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	2	16
42	2	1	1	1	1	0	0	2	1	2	1	12	2	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	12
43	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	18	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	16
44	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15	2	1	2	1	1	1	1	2	2	1	1	15
45	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	19
46	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	19
47	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	15	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	15
48	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
49	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	18	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	18
50	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
51	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	19
52	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	14
53	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
54	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
55	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	17	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	17

ตาราง 40 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย											รวม	คะแนนประเมินจากครูผู้สอน											รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
56	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	18	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	17
57	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	14
58	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
60	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20
61	2	1	1	1	1	0	0	2	1	2	1	12	2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	10
62	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	20



ตาราง 41 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 3 การทดลองหา
อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจากผู้วิจัย)

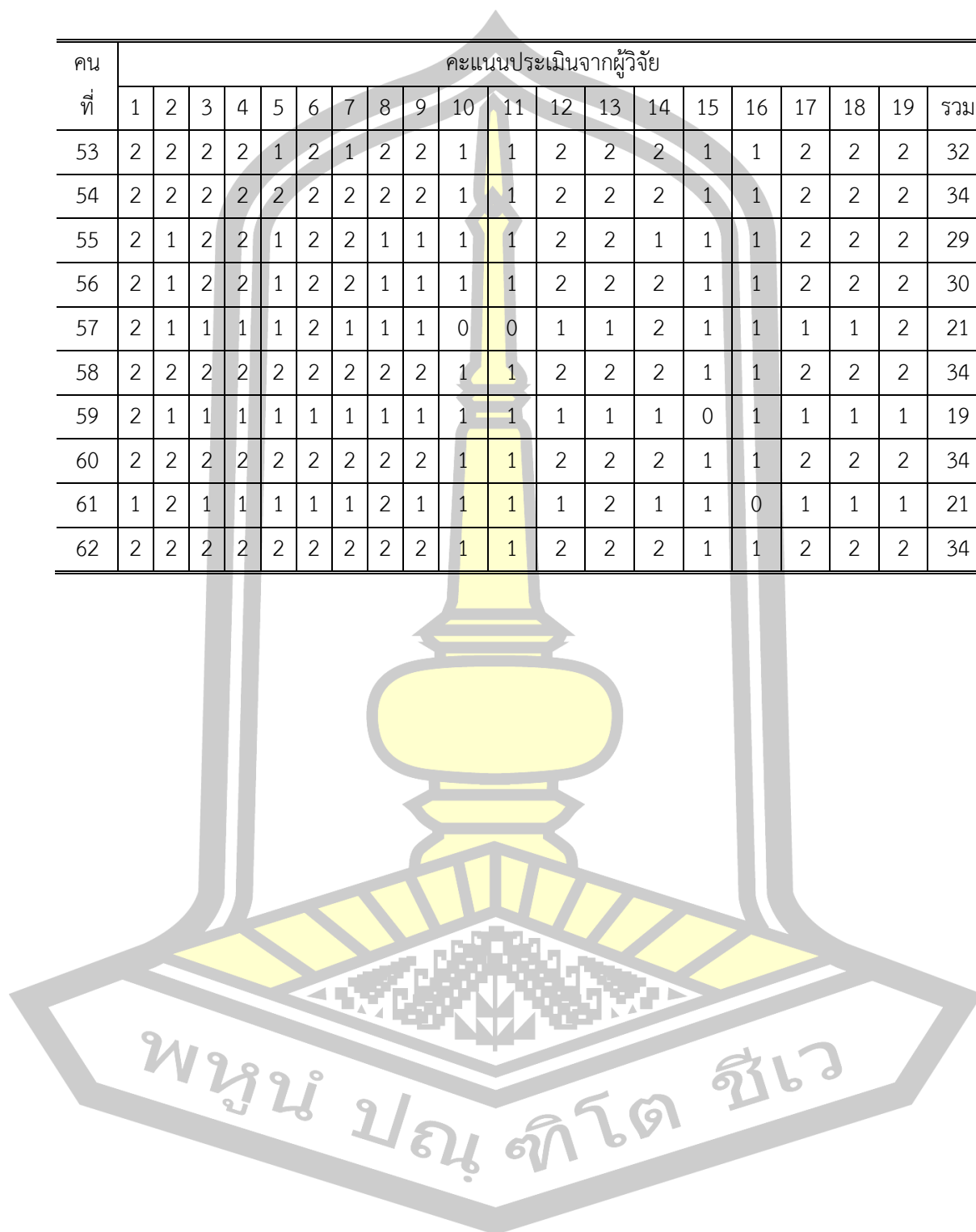
คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18
2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	32
4	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	30
5	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	30
6	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	26
8	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
9	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	31
10	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
11	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	19
12	2	1	2	2	1	1	2	2	1	0	0	2	1	1	1	0	1	1	1	22
13	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	19
14	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	0	1	2	1	1	27
15	1	2	2	1	2	2	2	2	2	0	1	2	2	2	1	1	2	2	2	31
16	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	27
17	1	1	2	2	1	1	2	2	1	0	0	2	1	1	1	0	2	1	1	22
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	33
19	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	31
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	33
21	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	28
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	2	16
23	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	28
24	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	2	2	1	1	1	2	1	23
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	33

ตาราง 41 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
27	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	31
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
29	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	24
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	2	2	1	1	1	2	2	32
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	2	1	16
32	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	18
33	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	18
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	17
35	1	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	2	2	1	1	2	2	2	29
36	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	2	1	1	20
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	2	1	1	17
38	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
39	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	1	1	2	2	29
40	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	29
41	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	1	1	2	2	29
42	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	20
43	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	30
44	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	25
45	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	32
46	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	30
47	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	25
48	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
49	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	30
50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
51	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
52	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	21

ตาราง 41 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
53	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
54	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
55	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	29
56	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	30
57	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	2	21
58	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
59	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	19
60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
61	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	21
62	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34



ตาราง 42 ผลการประเมินของนักเรียนรายบุคคล จากการทดสอบจริง ฉบับที่ 3 การทดลองหา
อีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ (คะแนนประเมินจาก
ครูผู้สอน)

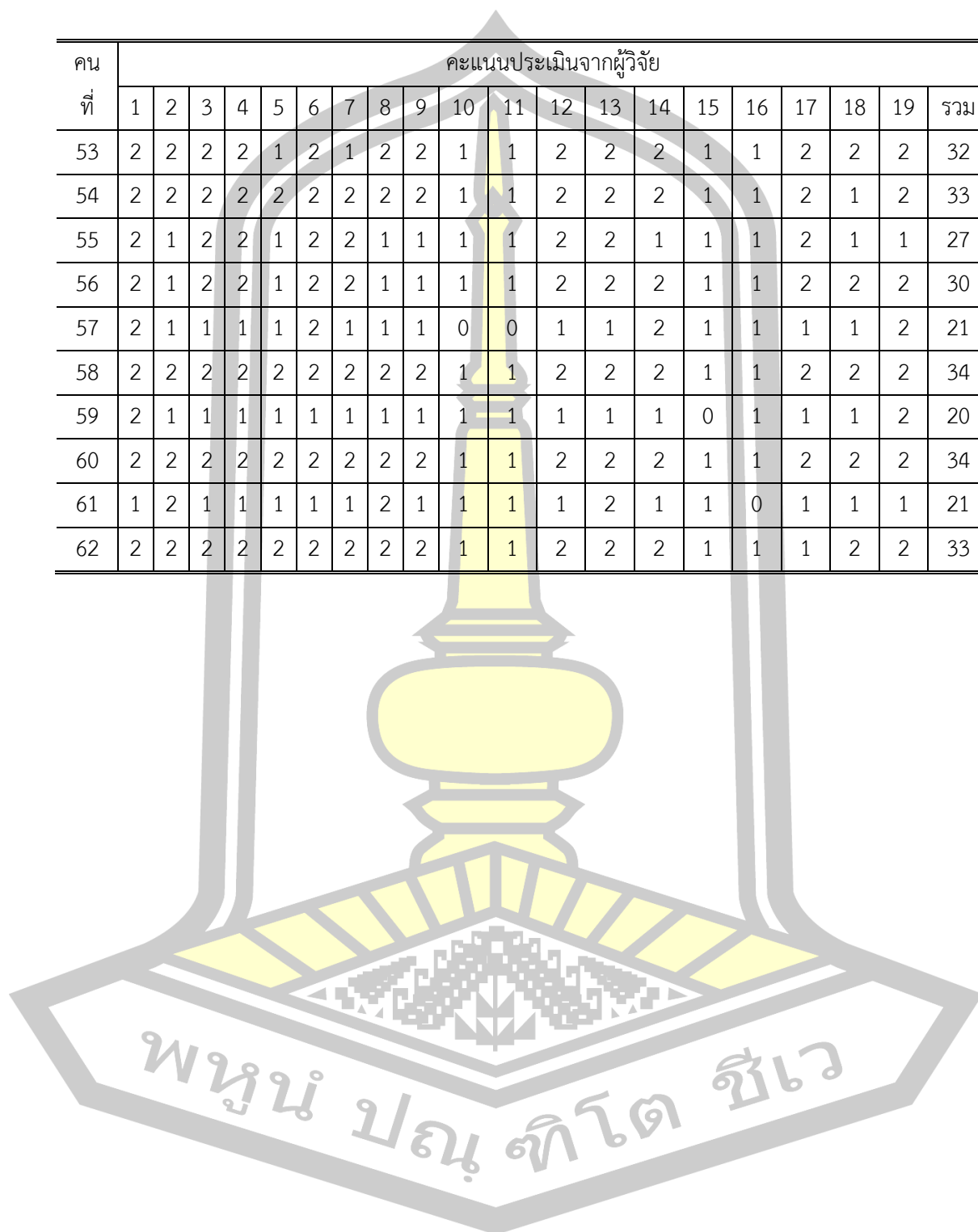
คน ที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			รวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	18
2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
3	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	32
4	1	1	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	30
5	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	28
6	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
7	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	24
8	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
9	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
10	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	33
11	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	19
12	2	1	2	2	1	1	2	2	1	0	0	2	1	1	1	0	1	1	1	22
13	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	19
14	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	0	1	2	2	1	28
15	1	2	2	1	2	2	2	2	2	0	1	2	2	2	1	1	1	2	2	30
16	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	28
17	1	1	2	2	1	1	2	2	1	0	0	2	1	1	1	0	2	1	1	22
18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
19	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	32
20	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
21	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	28
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	15
23	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	29
24	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	2	2	1	1	2	1	1	23
25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	1	33

ตาราง 42 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
27	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	30
28	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
29	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	24
30	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	2	2	1	1	1	2	2	32
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	15
32	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	18
33	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	18
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	17
35	1	2	1	1	2	2	2	2	2	0	1	1	2	2	1	1	2	1	1	27
36	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	2	1	1	20
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	16
38	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
39	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	1	2	1	1	28
40	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	2	30
41	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	0	1	2	2	1	1	1	2	2	29
42	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	20
43	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	2	31
44	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2	2	1	25
45	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	33
46	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	32
47	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	26
48	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
49	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	30
50	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
51	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
52	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1	21

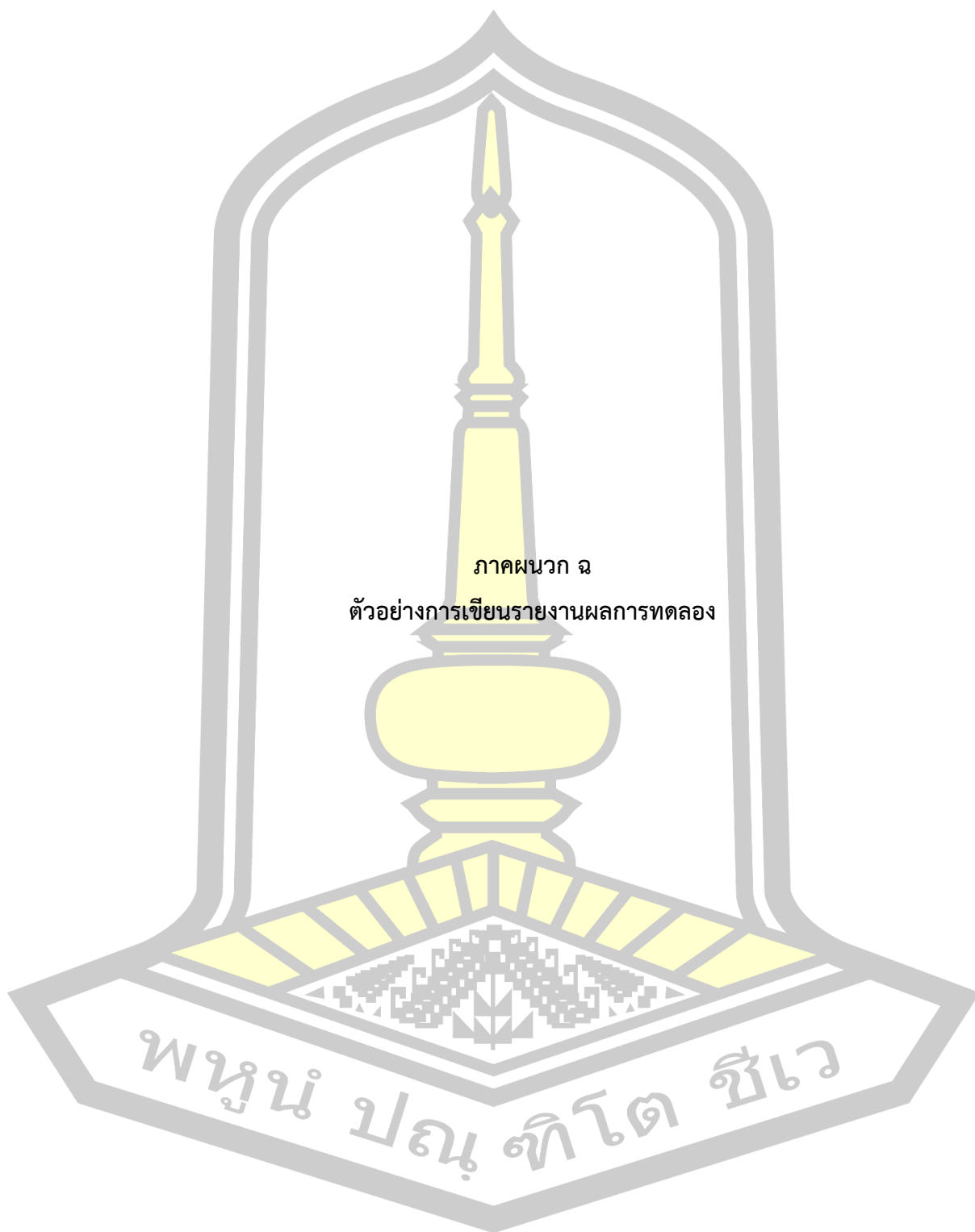
ตาราง 42 (ต่อ)

คนที่	คะแนนประเมินจากผู้วิจัย																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
53	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	32
54	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	33
55	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	27
56	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	30
57	2	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	2	21
58	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
59	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	2	20
60	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	34
61	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	0	1	1	1	21
62	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	33



ตาราง 43 เกรดเฉลี่ยวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน

คนที่	เกรดเฉลี่ย	คนที่	เกรดเฉลี่ย	คนที่	เกรดเฉลี่ย
1	3.50	26	4.00	51	3.89
2	4.00	27	3.88	52	3.54
3	4.00	28	4.00	53	3.89
4	3.88	29	3.63	54	4.00
5	3.88	30	3.88	55	3.75
6	4.00	31	3.14	56	3.86
7	3.75	32	3.39	57	3.61
8	4.00	33	3.39	58	4.00
9	3.88	34	3.29	59	3.50
10	4.00	35	3.79	60	4.00
11	3.50	36	3.54	61	3.54
12	3.63	37	3.14	62	4.00
13	3.50	38	4.00	-	-
14	3.75	39	3.75	-	-
15	3.88	40	3.79	-	-
16	3.75	41	3.75	-	-
17	3.63	42	3.54	-	-
18	4.00	43	3.79	-	-
19	3.88	44	3.64	-	-
20	4.00	45	3.89	-	-
21	3.75	46	3.79	-	-
22	3.00	47	3.68	-	-
23	3.75	48	4.00	-	-
24	3.63	49	3.86	-	-
25	4.00	50	4.00	-	-



ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการเขียนรายงานผลการทดลอง

พหุ ประจักษ์ ชัยเว

แบบรายงานผลการทดลอง ฉบับที่ 1
เรื่อง การทดลองกฎของโอห์ม

ทำการทดลองวันที่... ๕ ...เดือน... กุมภาพันธ์ ... พ.ศ. ๒๕๖๓

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/10 เลขที่... ๒๘ ... โรงเรียน... อนุภักดี

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านหลอดไฟกับค่าความต่างศักย์
ที่ต่างปลายของหลอดไฟ

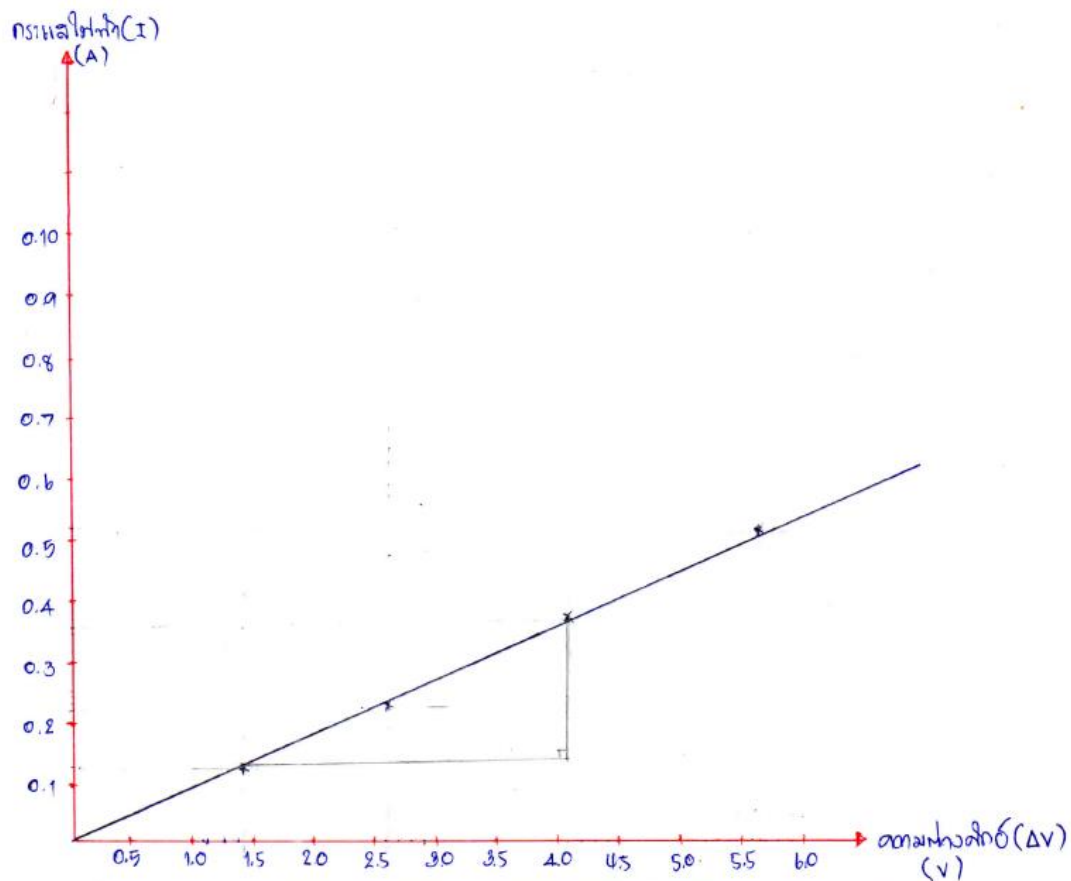
ผลการทดลอง

1. ตารางแสดงผลการทดลอง

ตำแหน่งหลอดไฟ (กิโลม)	ความต่างศักย์(ΔV) (โวลต์ ; V)	กระแสไฟฟ้า (I) (แอมแปร์ ; A)
1	1.42	0.13
2	2.66	0.22
3	4.12	0.36
4	5.66	0.52

ม. ๖๖

2. กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์



การคำนวณหาความชัน (slope) ของกราฟ และการหาค่าความต้านทาน (resistance ; R)

$$1. \text{ Slope} = \frac{0.36 - 0.13}{4.12 - 1.42} = \frac{0.23}{2.70} = 0.085$$

$$2. \text{ Slope} = k = \frac{1}{R}$$

$$\therefore \frac{1}{R} = 0.085$$

$$\therefore R = 11.76 \text{ โอมห์. } (\Omega)$$

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากกราฟทดลองพบว่า เมื่อคำนวณหาความต้านทานของลวดตัวนำที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลหารกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย และเมื่อวัดค่าของค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าที่หาได้จากกราฟจะพบว่าค่าที่ได้นั้นกราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด แสดงให้เห็นว่า กราฟที่หาและคำนวณค่าของลวดตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดและพื้นที่หน้าตัดที่สามารถจะเห็นเป็นสัดส่วนกันได้ ให้อธิบาย

$$I \propto \Delta V \quad \text{หรือ} \quad I = k \Delta V \quad \text{เมื่อ } k \text{ คือค่าคงที่}$$

ซึ่งค่าคงที่ k นี้คือค่าตามชันของกราฟ $I - \Delta V$ นั้นเอง

$$\text{Slope} = k$$

ซึ่งค่า k นี้ ตรงกับค่าของตัวนำไฟฟ้าของลวดตัวนำ ซึ่งในภาคทดลองนี้ใช้แผ่นลวดนิโครม และสามารถหาได้ตามพิกัดตามโต๊ะที่วัด 11.76 โอห์ม (Ω)

การแปลความหมายข้อมูล

จาก $I = k \Delta V$ เมื่อ k คือค่าคงที่ จะพบว่า เมื่อ k มีค่ามาก แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ หรือลวดตัวนำที่มีความต้านทานน้อย และถ้า k มีค่าน้อย แสดงว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำที่วัด หรือลวดตัวนำที่มีความต้านทานมาก ให้อธิบาย

$$k = \frac{1}{R} \quad \text{หรือ} \quad I = \left(\frac{1}{R}\right) \Delta V$$

ซึ่งตัวแปร R นี้คือ ความต้านทาน (resistance) ของลวดตัวนำนั้นเอง

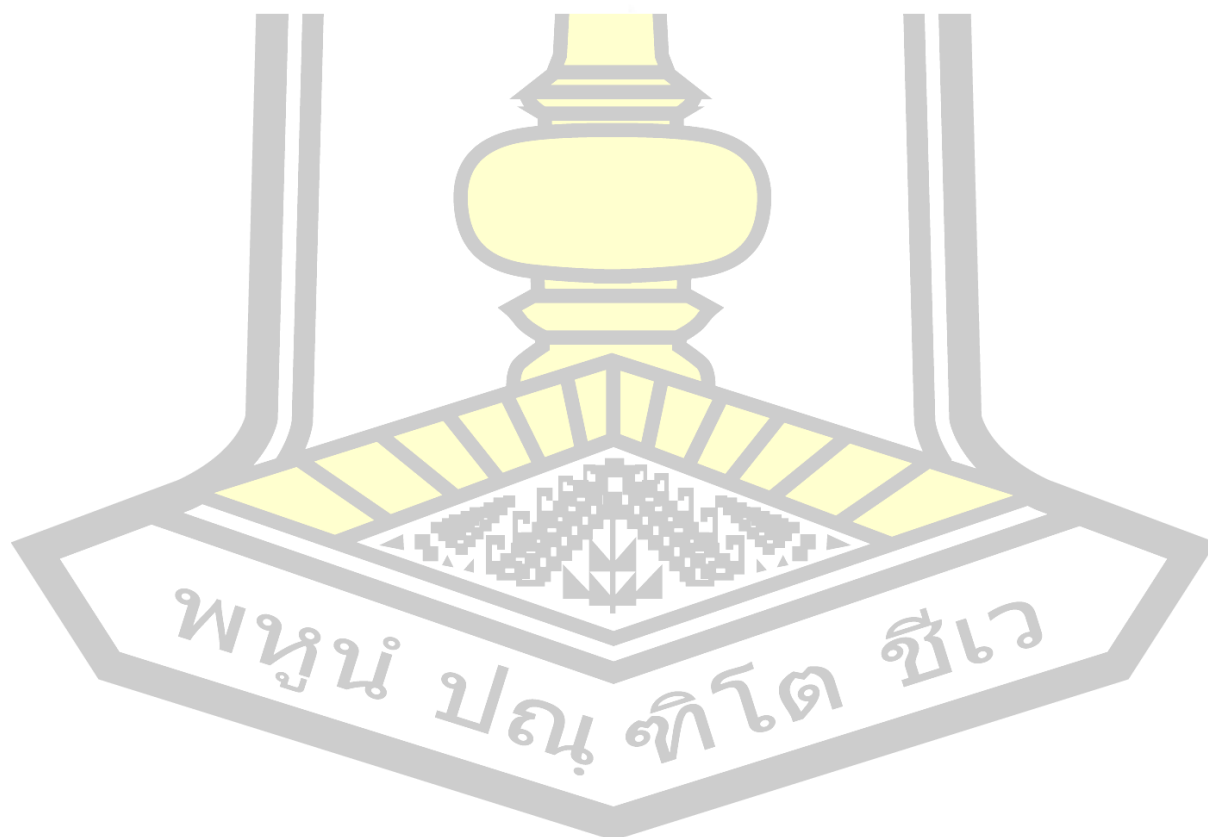
คำถามท้ายการทดลอง

1. กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์มีลักษณะอย่างไร

เป็นกราฟเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด

2. จากกราฟที่ได้ กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

กระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับค่าความต่างศักย์
($I \propto \Delta V$)



แบบรายงานผลการทดลอง ฉบับที่ 2
เรื่อง การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
กับกระแสไฟฟ้าในวงจร

ทำการทดลองวันที่ 7 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/10 เลขที่ 5 โรงเรียน อนุบาล

จุดประสงค์การทดลอง

ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
และกระแสไฟฟ้า

ผลการทดลอง

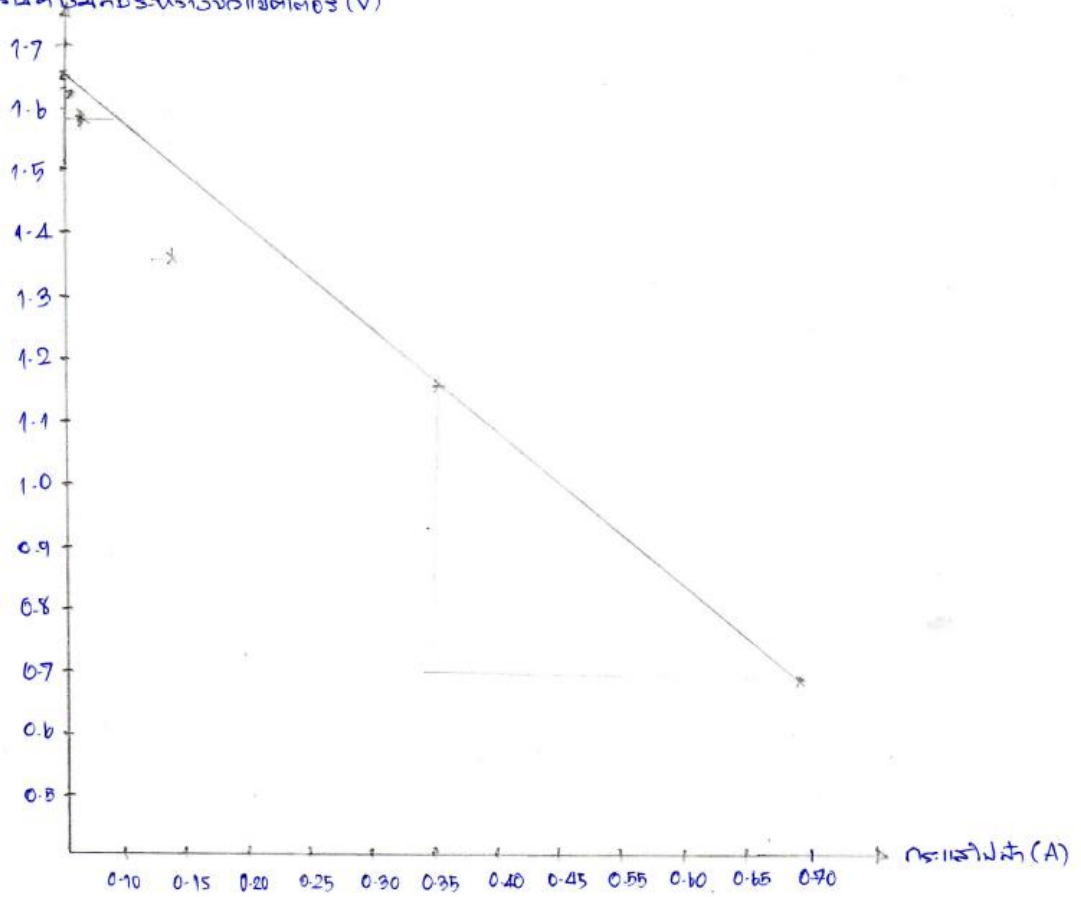
1. ตารางแสดงผลการทดลอง

ความต้านทาน ต่อกับแบตเตอรี่ (Ω)	ความต่างศักย์ ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ (V)	กระแสไฟฟ้า (A)
1.0	0.69	0.69
3.3	1.17	0.35
10	1.35	0.14
100	1.58	0.02
1000	1.64	0.002
ไม่ต่อต้านทาน	1.66	0

การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า ($I = \frac{V}{R}$)

$R = 1\Omega$	$R = 3.3\Omega$	$R = 10\Omega$	$R = 100\Omega$	$R = 1000\Omega$
$I = 0.69$	$I = 1.17$	$I = 1.35$	$I = 1.58$	$I = 1.6$
1	3.3	10	100	1000
$\therefore I = 0.69 A$	$\therefore I = 0.35 A$	$\therefore I = 0.14 A$	$\therefore I = 0.02 A$	$\therefore I = 0.002 A$

2. กราฟระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้า
ตามค่าที่วัดได้ต่อไปนี้ (V)



การคำนวณหาความชัน (slope) ของกราฟ และเขียนสมการเชิงเส้นตรง

$$\textcircled{1} \text{ Slope} = \frac{0.69 - 1.17}{0.70 - 0.35} = \frac{-0.48}{0.35} = -1.41$$

$$\textcircled{2} y = -ax + b$$

จะได้

$$y = -1.41x + 1.66$$

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า เมื่อเราต่อตัวต้านทานที่ลวดซึ่งลัดตามต้นท่อน
เพิ่มขึ้น ค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ จะยังเท่าเดิม ส่วนกระแสไฟฟ้าจะยัง
เท่าเดิม และเมื่อเราไปใช้ตัวต้านทานที่มีขนาดค่าตามขั้วแบตเตอรี่ระหว่าง
ขั้วแบตเตอรี่ จะยังเท่าเดิม และเท่าที่แบตเตอรี่มีค่าคงที่ตามขั้ว
แบตเตอรี่ จะยังเท่าเดิม

จากการสังเกตผลการทดลองพบว่า ค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่
โดยทั่วไปแล้วเป็นค่าคงที่ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ เมื่อเราเปลี่ยนขนาด
ของตัวต้านทาน ปริมาณที่ลวดซึ่งลัดตามต้นท่อนโดยยังเท่าเดิม
ค่าความต่างศักย์จะยังคงเท่าเดิม ค่าความต่างศักย์เป็นลบ $y = -ax + b$
ซึ่งเราสามารถหาค่าความต่างศักย์ที่ลัดตามต้นท่อนได้คือ $\Delta V = -rI + \mathcal{E}$

การแปลความหมายข้อมูล

จากสมการเชิงเส้น $y = -ax + b$ ซึ่งเราสามารถเขียนในรูปแบบสมการเชิงเส้น
ระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ และกระแสไฟฟ้าได้คือ

$$\Delta V = -rI + \mathcal{E}$$

y คือ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ (ΔV)

a คือ ค่าความต่างศักย์ ซึ่งลัดตามต้นท่อนต่อในรูป
ของแบตเตอรี่ (r)

x คือ กระแสไฟฟ้าในวงจร (I)

b คือ ค่าความต่างศักย์ ซึ่งลัดตามต้นท่อนของแบตเตอรี่ (\mathcal{E})

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในขณะที่ยังไม่ต่อสายไฟ X กับตัวต้านทาน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าแตกต่างจากเมื่อต่อสายไฟ X กับตัวต้านทานอื่น ๆ อย่างไร

ในกรณีที่ยังไม่ต่อสายไฟ X กับตัวต้านทาน ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้า (E) ของแบตเตอรี่ ส่วนกระแสไฟฟ้าจะมีค่าเป็นศูนย์

2. เมื่อต่อสายไฟ X กับตัวต้านทานที่มีค่าเพิ่มขึ้น ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่และกระแสไฟฟ้าในวงจรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ค่าของแรงดันไฟฟ้าระหว่างขั้วแบตเตอรี่จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่ากระแสไฟฟ้าจะมีค่าลดลง

3. กราฟระหว่างความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่กับกระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทั้งสองได้อย่างไร

กราฟจะแสดงเป็นกราฟเส้นตรงที่ส่งค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงว่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วแบตเตอรี่ลดลง เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

ศูนย์ ปณ ทิโต ข๖๐

แบบรายงานผลการทดลอง ฉบับที่ 3
เรื่อง การทดลองหาอีเอ็มเอฟสมมูลและความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่

ทำการทดลองวันที่... 18 ... เดือน... กุมภาพันธ์ ... พ.ศ. 2563

ชื่อ-สกุล ชั้น ม.5/ 9 เลขที่ 18 โรงเรียน ชาติชายวิทยากร

จุดประสงค์การทดลอง

1. หา EMF สมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

2. หา ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

3. หา ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่แบบขนาน

ผลการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

ตารางแสดงผลการทดลอง

โพลาต่อ	EMF (V)	
ก่อนที่ 1	\mathcal{E}_1	1.55
ก่อนที่ 2	\mathcal{E}_2	1.58

ต่อโพลาต่อแบบ	EMF สมมูล (V)	
อนุกรม	\mathcal{E}_s	3.11
ขนาน	\mathcal{E}_p	1.58

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

ผลการทดลองจะพบว่า EMF สมมูลของแบตเตอรี่ต่อแบบอนุกรมจะมีค่ามากกว่า EMF ของ

แบตเตอรี่แต่ละก้อน แต่จะใกล้เคียงกับผลบวกของ EMF สมมูลของแบตเตอรี่ทั้งสองก้อน

จึงอาจสรุปได้ว่า EMF สมมูลของแบตเตอรี่ต่อแบบอนุกรม จะใกล้เคียงกับผลบวกของ

EMF ของแบตเตอรี่ทุกก้อน ดังสมการ $\mathcal{E}_s = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \dots$ ส่วน EMF สมมูลของ

แบตเตอรี่แบบขนาน จะใกล้เคียงกับ EMF ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน จึงอาจสรุปได้ว่า

EMF สมมูลของมอเตอร์แบบตาตอร์เฟนทอน ซึ่งค่าเท่ากับ EMF ของแบตเตอรี่ที่ต่อ
 ไล่ก่อน อัดรวม $\mathcal{E}_p = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \dots$

คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 1 อีเอ็มเอฟสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน

1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม อีเอ็มเอฟสมมูลแตกต่างจากอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนหรือไม่
 อย่างไร

ไม่เท่ากัน เหนือ: EMF สมมูลจะต่ำกว่า EMF ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน และจะมี
 ค่าใกล้เคียงกับสองวงของ EMF ของแบตเตอรี่ทั้งสองก้อน

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน อีเอ็มเอฟสมมูลแตกต่างจากอีเอ็มเอฟของแบตเตอรี่แต่ละก้อนหรือไม่
 อย่างไร

ไม่เท่ากัน เหนือ: EMF สมมูลจะเท่ากับ EMF ของแบตเตอรี่แต่ละก้อน

ผลการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

ตารางแสดงผลการทดลอง

แวลต์ต่อรี	กระแสไฟฟ้า (A)		ความต่างศักย์ (V)		ความต้านทานภายใน (Ω)	
	I_1	I_2	ΔV_1	ΔV_2	r_1	r_2
แวลต์ต่อรีก้อนที่ 1 ($\mathcal{E}_1 = 1.55 \text{ V}$)	0.26		1.43		0.46	
แวลต์ต่อรีก้อนที่ 2 ($\mathcal{E}_2 = 1.58 \text{ V}$)		0.23		1.45		0.57
แวลต์ต่อรีต่ออนุกรม ($\mathcal{E}_s = 3.11 \text{ V}$)		0.26		2.83		1.08

การคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (r)

จากสมการ $\mathcal{E} = \Delta V + Ir$

$$r = \frac{\mathcal{E} - \Delta V}{I}$$

① หา $r_1 = ?$

$$r_1 = \frac{1.55 - 1.43}{0.26}$$

$$\therefore r_1 = 0.46 \Omega$$

② หา $r = ?$

$$r = \frac{3.11 - 2.83}{0.26}$$

$$\therefore r = 1.08 \Omega$$

③ หา $r_2 = ?$

$$r_2 = \frac{1.58 - 1.45}{0.23}$$

$$\therefore r_2 = 0.57 \Omega$$

④ หาสมการ $r_{รวม}$ ตามสูตร

$$r_{รวม} = r_1 + r_2$$

$$= 0.46 + 0.57$$

$$\therefore r_{รวม} = 1.03 \Omega$$

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

จากการทดลองพบว่า ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม (R) จะต่ำกว่าเท่ากับ 1.08Ω ซึ่งใกล้เคียงกับผลรวมของค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ก้อนที่หนึ่ง (R_1) กับความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ก้อนที่สอง (R_2) ซึ่งต่ำกว่าเท่ากับ 1.03Ω จึงสามารถสรุปได้ว่า ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม จะมีความสัมพันธ์เท่ากับ ผลรวมของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน เป็นไปตามสมการ $R = R_1 + R_2$

คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 2 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบอนุกรม

1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม กระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และ I ต่างกันหรือไม่ และผลรวมของ ΔV_1 และ ΔV_2 เท่ากับ ΔV_{ce} หรือไม่ อย่างไร

- $I_1 = I_2 = I$

- ผลรวมของ ΔV_1 กับ ΔV_2 ใกล้เคียงกัน จะถือว่าเท่ากับ ΔV_{ce}

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรม ผลรวมของ r_1 และ r_2 เท่ากับ r หรือไม่ อย่างไร

ผลรวมของ r_1 และ r_2 ใกล้เคียงกัน จะถือว่าเท่ากับ r

ผลการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

ตารางแสดงผลการทดลอง

ประเภทของ	กระแสไฟฟ้า (A)		ความต่างศักย์ (V)		ความต้านทานภายใน (Ω)	
	หลอดไฟเบอร์กลอสที่ 1 ($\mathcal{E}_1 = 1.55\text{V}$)	I_1	0.05	ΔV_1	1.45	r_1	2.0
หลอดไฟเบอร์กลอสที่ 2 ($\mathcal{E}_2 = 1.58\text{V}$)	I_2	0.04	ΔV_2	1.50	r_2	2.0
หลอดไฟเบอร์กลอสที่ 3 ($\mathcal{E}_p = 1.58\text{V}$)	I	0.14	ΔV_{cf}	1.43	r	1.07

การคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (r)

$$\text{จากสมการ } \mathcal{E} = \Delta V + Ir$$

$$\therefore r = \frac{\mathcal{E} - \Delta V}{I}$$

① หา $r_1 = ?$

$$r_1 = \frac{1.55 - 1.45}{0.05}$$

$$\therefore r_1 = 2.0 \Omega$$

② หา $r = ?$

$$r = \frac{1.58 - 1.43}{0.14}$$

$$\therefore r = 1.07 \Omega$$

③ หา $r_2 = ?$

$$r_2 = \frac{1.58 - 1.50}{0.04}$$

$$\therefore r_2 = 2.0 \Omega$$

④ หาค่ารวม $r_{รวม}$ จากสมการ

$$\frac{1}{r_{รวม}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

$$\frac{1}{r_{รวม}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{r_{รวม}} = \frac{2}{2}$$

$$\therefore r_{รวม} = 1 \Omega$$

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

จากการทดลองพบว่า ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน (R) จะต่ำกว่าเท่ากับ 1.07Ω ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับผลรวมของส่วนกลับของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อนที่นำมาต่อ (R₁) กับส่วนกลับของความต้านทานภายในของแบตเตอรี่ก้อนที่สอง (R₂) ซึ่งต่ำกว่าเท่ากับ 1.0Ω จึงสามารถสรุปได้ว่า ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนานจะต่ำกว่าผลรวมและต่ำกว่าผลรวมของส่วนกลับของตัวรวมกันภายในของแบตเตอรี่แต่ละก้อน ซึ่งเป็นไปตามสมการ

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

คำถามท้ายการทดลอง ตอนที่ 3 ความต้านทานภายในสมมูลของแบตเตอรี่ที่ต่อแบบขนาน

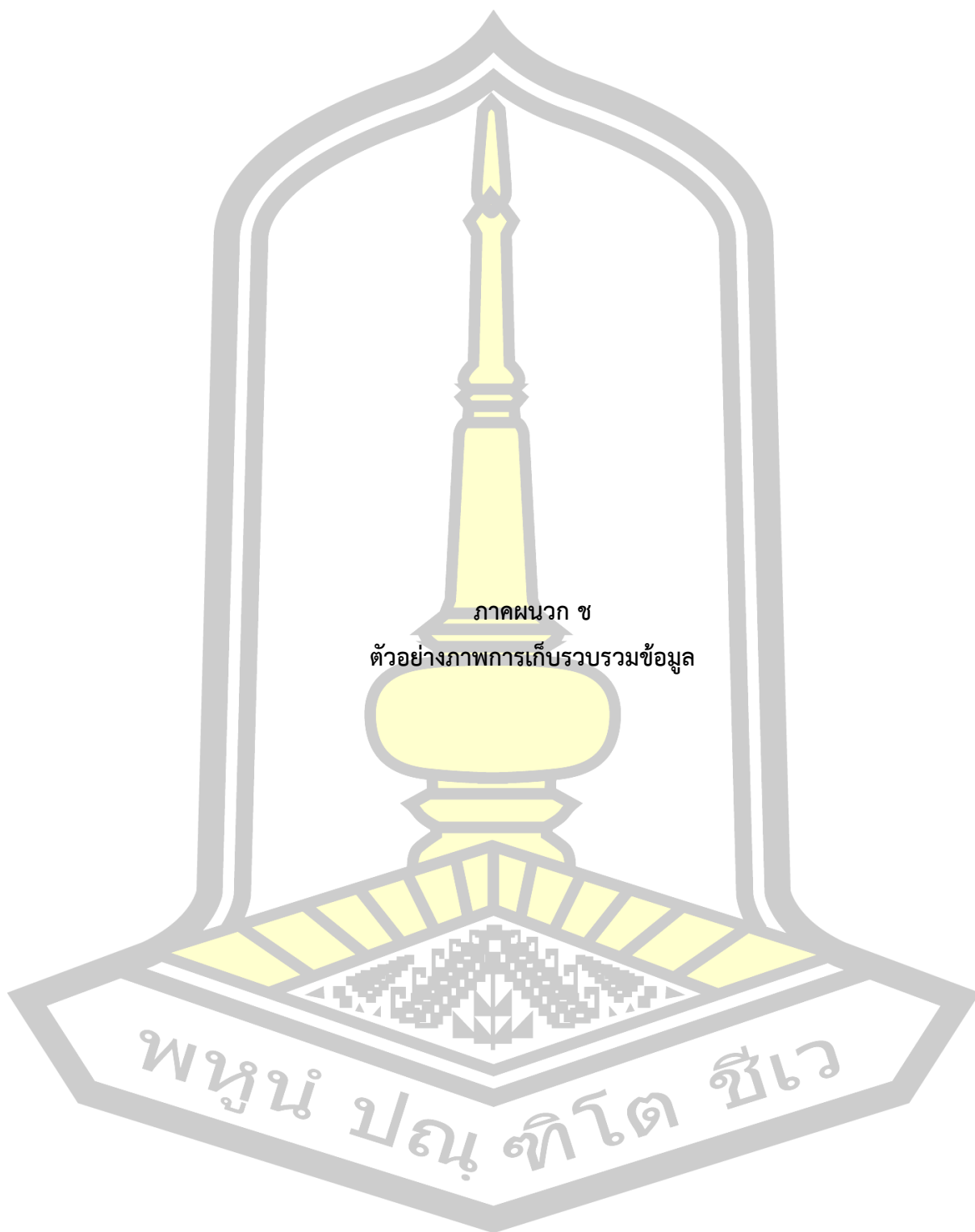
1. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ผลรวมของกระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 เท่ากับ I หรือไม่ และความต่างศักย์ ΔV_1 , ΔV_2 และ ΔV_{cf} ต่างกันหรือไม่ อย่างไร

- ผลรวมของ I_1 กับ I_2 ให้ได้ทั้งหมดได้อ่าเท่ากับ I

- ความต่างศักย์ $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_{cf}$

2. ในการต่อแบตเตอรี่แบบขนาน ผลรวมของส่วนกลับของ r_1 และ r_2 เท่ากับส่วนกลับของ r หรือไม่ อย่างไร

ผลรวมของส่วนกลับของ r_1 และ r_2 ซึ่งใกล้เคียงกัน จะได้อ่าเท่ากับส่วนกลับ



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างภาพการเก็บรวบรวมข้อมูล

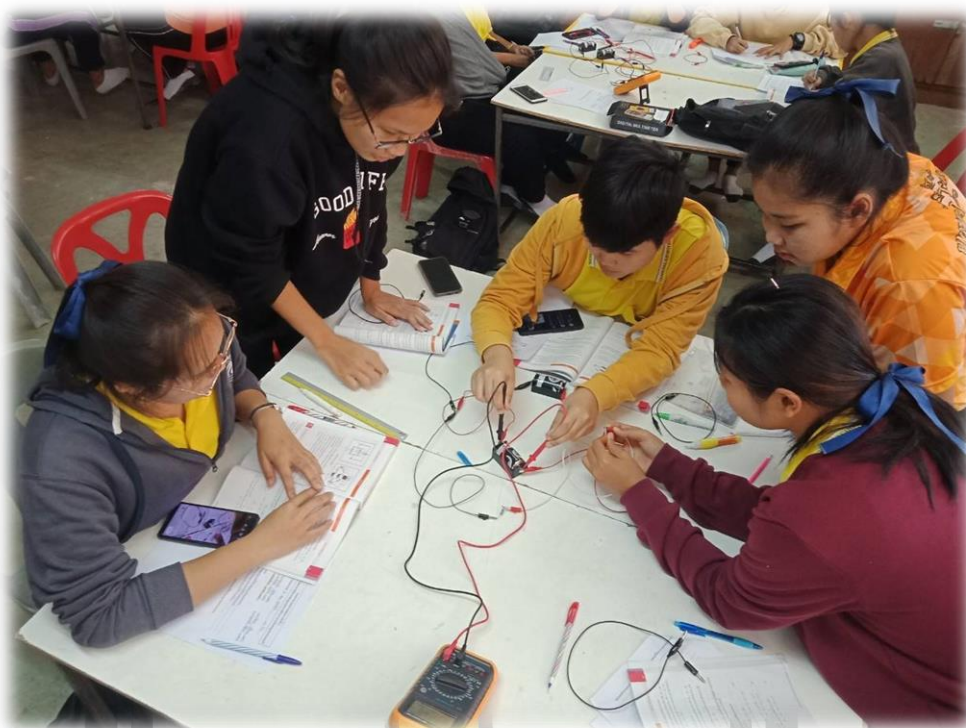
พหุบัณฑิตวิทยาลัย



ภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มทดลอง โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์



ภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนอนุกุลนารี



ภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายสุริยา โพธิ์เปี้ยศรี
วันเกิด	วันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2524
สถานที่เกิด	อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 302/22 หมู่ที่ 5 ตำบลโพหนอง อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	ครู วิทยฐานะ ครูชำนาญการพิเศษ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 24 เลขที่ 66 ถนนอรุณเปศล ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2543 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโพธิ์ชัยชนูปถัมภ์ จังหวัดร้อยเอ็ด พ.ศ. 2547 ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู (ปวค.) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช พ.ศ. 2547 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2563 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ทัโต ชีเว