โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

SIMULATION PROGRAM OF FORCE AND ELECTRIC FIELD INTENSITY

ธารวิมล วงศ์โอษฐ์

TRANWIMOL WONGOAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2564

KMITL-2021-ED-M-231-036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SIMULATION PROGRAM OF FORCE AND ELECTRIC FIELD INTENSITY

TRANWIMOL WONGOAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING

SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2021

KMITL-2021-ED-M-231-036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า
นักศึกษา	นางสาวธารวิมล วงศ์โอษฐ์
รหัสประจำตัว	62603097
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าที่มีคุณภาพ 2) หาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยโปรแกรมจำลอง ใบงานจำนวน 4 ใบงาน แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ แบบทดสอบระหว่างเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 3/2563 เลือกแบบอาสาสมัคร จำนวน 16 คน

ผลจากการวิจัยพบว่า โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.06, S.D. = 0.90) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.45) คะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าแบบทดสอบระหว่างเรียนมีประสิทธิภาพ 81.72/91.56 และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.61)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Simulation Program of Force and Electric Field Intensity
Student	MissTranwimol Wongoat
Student ID.	62603097
Degree	Master of Science in Industrial Education in Electrical Communications Engineering
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokong
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Paiboon Pongwongtragull

ABSTRACT

The objectives of this research were 1) to develop a quality simulation program of force and electric field intensity. 2) to determine the effectiveness of the force and intensity of the electric field simulation program. 3) to estimate user satisfaction with the the force and intensity of electric fields simulation instruments used in research, It consists of a simulation program, 4 worksheets, a content quality assessment form and media production techniques,test during class. An achievement test and a user satisfaction assessment form. The samples used in the research were Bachelor of Industrial Education program students Engineering Education (4-year course), 1st year, semester 3/2020, 16 volunteers.

The results of the research revealed that the developed force and electric field simulation program.Assessed by experts, the content quality was at a good level ($\overline{X}$ = 4.06, SD = 0.90) and the media production technique was in a very good level ($\overline{X}$ = 4.52, SD = 0.45).The study was higher than the test during study,efficiency was 81.72/91.56, and the level of user satisfaction was at a high level ($\overline{X}$ = 4.43, SD = 0.61).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.ไพบูลย์ พวงวงศ์ตระกูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ ผศ.ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ ผศ.อำพล ทองระอา ดร.สุนทร ก้องสินธุ นายศุภโชค พานทอง ผศ.ดร.ทนงศักดิ์ โสวจัสสตากุล รศ.ดร.บุญจันทร์ สีสันต์ และรศ.อรรถพร ฤทธิเกิด ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่อการวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ธารวิมล วงศ์โอษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 สมมติฐานของของการวิจัย 2

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า 7

2.2 ทฤษฎีแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า 9

2.3 หลักการทำงานพื้นฐานของระบบ Simulation 22

2.4 โปรแกรมที่ใช้ออกแบบโปรแกรมจำลอง 25

2.5 การสร้างและการพัฒนาโปรแกรม 27

2.6 การประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพ 31

2.7 ความพึงพอใจ 36

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 42

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 42

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 42

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล 56
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 57
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 58

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 60
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 62
4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 63

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการวิจัย 65
5.2 การอภิปรายผลวิจัย 65
5.3 ข้อเสนอแนะ 67

บรรณานุกรม 69

ภาคผนวก 72
ภาคผนวก ก หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ 73
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ 83
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 88
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 91
ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจ 97
ภาคผนวก ฉ ผลการประเมินความพึงพอใจ 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า 103
ภาคผนวก ซ คู่มือการใช้งานและตัวอย่างใบงาน 105
ภาคผนวก ฌ ภาพการสอนใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 134

ประวัติผู้เขียน 138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า 8

3.1 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 41

4.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 60

4.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 61

4.3 ผลวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 62

4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า 63

ค.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 89

ค.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 90

ง.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 92

ง.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น N = 19 93

ง.3 ค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน 95

ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า 102

ช.1 คะแนนการทำแบบทดสอบ (E_1/E_2) 104

ซ.1 ส่วนประกอบของโปรแกรมจำลอง 107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ถ้าประจุ Q_1 และ Q_2 มีเครื่องหมายเหมือนกัน แรงเวคเตอร์ $\vec{F}_2$ บน Q_2 อยู่ในทิศทางเดียวกันกับเวคเตอร์ $\vec{R}_{12}$ 10

2.2 เวคเตอร์ $\vec{r}'$ เป็นตำแหน่งของประจุจุด Q, เวคเตอร์ $\vec{r}$ แสดงจุดทั่วไปในที่ว่าง P(x ,y ,z) และเวคเตอร์ $\vec{R}$ แสดงระยะห่างจาก Q สู่จุด P คือ $\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$ 12

2.3 การบวกเวคเตอร์ในค่าความแรงของสนามไฟฟ้าที่จุด P อันเนื่องจากประจุ Q_1 ที่ $\vec{r}_1$ และ Q_2 ที่ $\vec{r}_2$ 13

2.4 ประจุทั้งหมดที่อยู่ภายในทรงกระบอกเต็มรูป 14

2.5 ความแรงของสนามไฟฟ้า $d\vec{E} = dE_\rho \vec{a}_\rho + dE_z \vec{a}_z$ ที่เกิดขึ้นจากประจุส่วนย่อยๆ $dQ = \rho_L dz'$ วางอยู่ที่ระยะ z' จากจุด Origin ความหนาแน่นของประจุแบบเชิงเส้นเป็นลักษณะค่าคงที่ตลอด และขยายไปตามแกน z 16

2.6 ภาพเรขาคณิตของสนามจากประจุเชิงเส้นที่ยาวอนันต์ 18

2.7 สนามไฟฟ้าที่จุด P(x ,y ,z) อันเนื่องจากประจุเชิงเส้นที่มีรูปลักษณะคงที่ตลอดที่มีความยาวเป็นอนันต์ วางอยู่ ณ ตำแหน่ง x = 6,y = 8 20

2.8 ประจุแบบแผ่นที่มีพื้นที่อนันต์วางอยู่ในระนาบ yz จุดทั่วไป P อยู่บนแกน x และประจุเชิงเส้นความกว้างเล็กๆ ถูกใช้เป็นส่วนย่อย ๆ ในการหาสนามไฟฟ้าที่จุด P 21

2.9 แผนภาพ Computer Simulation Taxonomy 23

2.10 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานแบบ Event stepped 24

2.11 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานแบบ Time stepped 24

3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงาน 45

3.2 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลอง 48

3.3 ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 51

3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง 54

3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ 56

ซ.1 หน้าต่างของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 107

ซ.2 ทำการเปิดโปรแกรมจำลอง 108

ซ.3 หน้าต่างของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า 108

ซ.4 คลิกไปที่ icon กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law) 108

ซ.5 หน้าต่างของกฎของคูลอมบ์ (Coulomb's Law) 109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
ซ.6 แถบเครื่องมือบนหน้าต่างของกฎของคูลอมบ์	109
ซ.7 กรอกข้อมูลจากโจทย์	110
ซ.8 กดปุ่ม calculate	111
ซ.9 กราฟวิเคราะห์เรื่องกฎของคูลอมบ์	111
ซ.10 คลิกไปที่ icon ความแรงของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity)	112
ซ.11 หน้าต่างของความแรงของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity)	112
ซ.12 แถบเครื่องมือบนหน้าต่างของความแรงของสนามไฟฟ้า	113
ซ.13 กรอกข้อมูลจากโจทย์	114
ซ.14 กดปุ่ม calculate	114
ซ.15 กราฟวิเคราะห์เรื่องความแรงของสนามไฟฟ้า	115
ซ.16 คลิกไปที่ icon สนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น	115
ซ.17 หน้าต่างของสนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น	116
ซ.18 แถบเครื่องมือของโปรแกรมจำลองของสนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น	116
ซ.19 กรอกข้อมูลจากโจทย์	117
ซ.20 กดปุ่ม calculate	118
ซ.21 กราฟวิเคราะห์เรื่องสนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น	118
ซ.22 คลิกไปที่ icon สนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น	119
ซ.23 หน้าต่างของสนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น	120
ซ.24 แถบเครื่องมือของโปรแกรมจำลองของสนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น	120
ซ.25 กรอกข้อมูลจากโจทย์	121
ซ.26 กดปุ่ม calculate	122
ซ.27 กราฟวิเคราะห์เรื่องสนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น	122
ฌ.1 อธิบายการใช้งานแต่ละไอคอน	135
ฌ.2 บรรยากาศการอธิบาย	135
ฌ.3 บรรยากาศการสอนใช้โปรแกรม	136
ฌ.4 บรรยากาศการสอนใช้โปรแกรม	136
ฌ.5 อธิบายเกี่ยวกับใบงาน	137
ฌ.6 อธิบายเกี่ยวกับใบงาน	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการกับข้อมูล ทั้งตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ที่ใช้แทนความหมายในสิ่งต่าง ๆ โดยคุณสมบัติที่สำคัญของคอมพิวเตอร์ คือ การที่สามารถกำหนดชุดคำสั่งล่วงหน้าหรือโปรแกรมได้ (กิตติศักดิ์ อินทรอารักษ์. 2555)

โปรแกรมจำลอง (Simulation Software) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้จำลองการทำงานของระบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการออกแบบ วางแผนการทำงาน รวมถึงคาดการณ์กระบวนการและผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ ด้วยการวิเคราะห์และทดลองผ่านการทำงานในกระบวนการต่าง ๆ จากระบบจำลองทำให้ลดเวลาและมีความแม่นยำมากขึ้น การใช้งานโปรแกรมจำลองนั้นสามารถใช้ได้หลากหลายส่วนของงานอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นภาคการผลิต การออกแบบ การบริหารจัดการคลังสินค้า โลจิสติกส์ สามารถใช้ออกแบบทั้งระบบเพื่อประเมินการทำงานล่วงหน้า ใช้ในการปรับแต่งบางส่วนของสายการผลิต เช่น การวางตำแหน่งหรือความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรใหม่ที่จะติดตั้ง เป็นต้น ระบบการจำลองจะทำให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการเปลี่ยนแปลง หรือแสดงผลของการทำงานตามค่าที่ใส่ไว้ในซอฟต์แวร์โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องหรือดำเนินการใด ๆ ที่ต้องลงทุนด้านเวลาและเงินทุนจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่าง ๆ เช่น ความเสียหายของระบบ ความล่าช้าในการทำงาน หรือการ Optimize การทำงาน เป็นต้น (Thos. 2018) ส่วนภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมต่าง ๆ นั้น ภาษาโปรแกรม Python เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระดับสูง โดยถูกออกแบบมาให้เป็นภาษาสคริปต์ (Script) ที่อ่านง่าย โดยตัดความซับซ้อนของโครงสร้างและไวยกรณ์ของภาษาออกไป ในส่วนของการแปลงชุดคำสั่งที่เขียนให้เป็นภาษาเครื่อง Python มีการทำงานแบบ Interpreter คือ เป็นการแปลชุดคำสั่งทีละบรรทัด เพื่อป้อนเข้าสู่หน่วยประมวลผลให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่ต้องการ นอกจากนั้นภาษาโปรแกรม Python ยังสามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายประเภท โดยไม่ได้จำกัดอยู่ที่งานเฉพาะทางใดทางหนึ่ง (General-Purpose Language) จึงทำให้มีการนำไปใช้กันแพร่หลายในหลายองค์กรใหญ่ระดับโลก (Sarayut Nonsiri. 2019)

โปรแกรมจำลองยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษา เพื่อให้การศึกษามีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนเพิ่มขึ้น ถือว่าเป็นเทคโนโลยีหนึ่งโดยใช้วิวัฒนาการของเทคโนโลยีเข้ามาช่วยให้การเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอนนั้นมีความน่าสนใจและผู้เรียนสามารถศึกษาด้วยตนเองได้ รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Engineering) เป็นวิชาเฉพาะในหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในบทเรียนเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าจำเป็นที่จะต้องคำนวณและใช้ภาพเพื่อประกอบการเรียน เพื่อให้เกิดคำตอบที่แม่นยำและแสดงให้เห็นภาพ โดยในปัจจุบันนั้นใช้วิธีการสอนด้วยการเขียนบนกระดาน หรือใช้การเรียนการสอนโดยโปรแกรม PowerPoint เพื่อแสดงภาพประกอบการเรียนการสอน ซึ่งอาจจะส่งผลให้ผู้เรียนมีเข้าความใจคลาดเคลื่อน ในขณะที่การเรียนการสอนเนื้อหามีการเปลี่ยนค่าหรือข้อมูลจะต้องมีการจำลองภาพที่เปลี่ยนไปตามค่าทุกครั้ง

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นบทบาทความสำคัญของเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณและแสดงภาพ โดยผู้วิจัยจึงได้สร้างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ สามารถคำนวณและเห็นภาพที่จำลองได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งช่วยเป็นแรงกระตุ้นในการเรียนมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1.3 สมมติฐานของของการวิจัย

1.3.1 โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\overline{X} \geq 3.5$)

1.3.2 โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

1.3.3 โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า สร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากขึ้นไป ($\overline{X} \geq 3.5$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีกรอบแนวคิดดังนี้

1.4.1 กรอบแนวคิดในการออกแบบและสร้างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดของวัลลภ จันทร์ตระกูล (2543) มาเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง - สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ โดยกำหนดรายการหน้าที่ของอุปกรณ์
3. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
4. เตรียมเอกสารประกอบ

1.4.2 กรอบแนวคิดด้านโปรแกรมจำลอง

ผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Water Fall ตามขั้นตอนของ จรณิต แก้วกังวาน (2540) ดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดขอบข่ายของงาน
2. ออกแบบระบบงาน และกำหนดโครงสร้างของซอฟต์แวร์
3. กำหนดการสร้างโปรแกรมจำลองและทดสอบหน่วยย่อยต่าง ๆ
4. เชื่อมโยงโปรแกรมย่อยแต่ละหน่วยและทดสอบระบบของโปรแกรมรวมกันทั้งระบบ
5. ติดตั้งใช้งาน และบำรุงรักษา

1.4.3 การหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์ 2556 : 7-19)

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.4.4 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของพรรณี ลีกิจวัฒนะ (2553) เกี่ยวกับประเมินความพึงพอใจ ที่กล่าวว่า แบบประเมิน หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อคำถาม สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ
2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. นำแบบประเมินความพึงพอใจไปหาคุณภาพ
4. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 3/2563 จำนวน 91 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 3/2563 เลือกแบบอาสาสมัคร จำนวน 16 คน เป็นผู้สนใจในเรื่องแรงและความแรงสนามไฟฟ้า

1.5.3 ตัวแปรที่จะศึกษา

1.5.2.1 ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1.5.2.2 ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1.5.4 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยจัดลำดับหัวข้อ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และทักษะตามวัตถุประสงค์จำนวน 4 ใบงาน ประกอบด้วย

ใบงานที่ 1 การติดตั้งโปรแกรม และกฎของคูลอมบ์

ใบงานที่ 2 ความเข้มสนามไฟฟ้า

ใบงานที่ 3 สนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น

ใบงานที่ 4 สนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น

1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและตรงตามจุดมุ่งหมายของการวิจัย จึงได้นิยามศัพท์เฉพาะไว้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.1 โปรแกรมจำลอง หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองที่สามารถคำนวณและจำลองกราฟวิเคราะห์ เพื่อมาใช้สอนนักศึกษาใช้งานร่วมกับใบงาน โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

1.6.2 คุณภาพ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการประเมินโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ในด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่สร้างขึ้นมามีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป ($\overline{X} \geq 3.5$)

1.6.3 ประสิทธิภาพ หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนที่ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งตั้งเกณฑ์ไว้ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

1.6.4 แบบประเมินคุณภาพ หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อโดยกำหนดเกณฑ์การประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

1.6.5 แบบทดสอบระหว่างเรียน หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการหาคุณภาพ โดยการประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบระหว่างเรียน

1.6.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการหาคุณภาพ โดยการประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น เพื่อใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.6.7 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นค่าร้อยละที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างเรียนและหลังเรียน ด้วยโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1.6.8 ความพึงพอใจ หมายถึง เจตคติที่ดีของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.9 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญที่เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อหรือวิชาที่เกี่ยวข้อง มีคุณวุฒิระดับปริญญาโทขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2 ทฤษฎีโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

2.3 หลักการทำงานพื้นฐานของระบบการจำลอง

2.4 โปรแกรมที่ใช้ออกแบบโปรแกรมจำลอง

2.5 การสร้างและการพัฒนาโปรแกรม

2.6 การประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.7 ความพึงพอใจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า

ในการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาดังต่อไปนี้

2.1.1 วิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ.2562) วิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า จำนวน 3 หน่วยกิต (3-0-6) มีสังเขปรายวิชา คือ ศึกษาทฤษฎีในหัวข้อการวิเคราะห์เวคเตอร์ กฎของคูลอมบ์ ความแรงของสนามไฟฟ้า ความหนาแน่นของเส้นแรงไฟฟ้า กฎของเกาส์ ไดเวอร์เจน พลังงาน ศักย์ไฟฟ้า ตัวนำไดอิเลคตริก คาปาซิแตนซ์ วิธีการหาค่าโดยการสร้างแผ่นภาพตารางเชิงการทดลอง สมการของโปซอง สมการของลาปลาส สนามแม่เหล็กสถิต แรงในสนามแม่เหล็ก สารแม่เหล็ก ความเหนี่ยวนำ สนามที่แปรเปลี่ยนตามเวลา และสมการของแมกซ์เวลล์

2.2.2 วัตถุประสงค์ของรายวิชา

เพื่อให้นักศึกษา

1. **มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์เวคเตอร์ได้**
2. **มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์กฎของคูลอมบ์ และความเข้มของสนามไฟฟ้าได้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์ความหนาแน่นฟลักซ์ไฟฟ้า กฎของเก๊าส์ และทฤษฎีบทไดเวอร์เจนท์ได้

4. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์พลังงานและความต่างศักย์ไฟฟ้า ตัวนำ ตัวกลาง ประจุไฟฟ้า และคาปาซิแตนซ์ได้

5. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์ตัวนำ ไดอิเลคตริก ประจุไฟฟ้า ได้

6. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ โดยวิธีการสร้างแผ่นภาพตารางเชิงการทดลอง ได้

7. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ โดยสมการของโปซองและสมการของลาปลาสได้

8. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็กคงที่ได้

9. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์แรงในสนามแม่เหล็ก สารแม่เหล็ก และค่าความเหนี่ยวนำได้

10. มีความรู้ เข้าใจ สามารถอธิบาย คำนวณ และวิเคราะห์สนามแม่เหล็กแปรเปลี่ยนตามเวลา และสมการของแม็กซ์เวลล์ได้

ตารางที่ 2.1 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า

สัปดาห์ที่	หัวข้อการสอน/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง
1-3	- หน่วยที่ 1 การวิเคราะห์เวคเตอร์	9
4-5	**- หน่วยที่ 2 กฎของคูลอมบ์ และความแรงของสนามไฟฟ้า**	**6**
6-7	- หน่วยที่ 3 ความหนาแน่นของเส้นแรงไฟฟ้า กฎของเกาส์ และทฤษฎีบทไดเวอร์เจน	6
8	สอบกลางภาค	-
9	- หน่วยที่ 4 พลังงาน และศักย์ไฟฟ้า	3
10	- หน่วยที่ 5 ตัวนำ ไดอิเลคตริก และคาปาซิแตนซ์	3
11	- หน่วยที่ 6 วิธีการหาค่าโดยการสร้างแผ่นภาพตารางเชิงการทดลอง	3
12	- หน่วยที่ 7 สมการของโปซอง และสมการของลาปลาส	3
13-14	- หน่วยที่ 8 สนามแม่เหล็กสถิต	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สัปดาห์ที่	หัวข้อการสอน/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง
15-16	- หน่วยที่ 9 แรงในสนามแม่เหล็ก สารแม่เหล็ก ความเหนี่ยวนำ	6
17	- หน่วยที่ 10 สนามที่แปรเปลี่ยนตามเวลา และสมการของแมกซ์เวลล์	3
18	สอบปลายภาค	-
รวม		**48**

2.2 ทฤษฎีแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

2.2.1 กฎของคูลอมบ์ (Coulomb's law)

คูลอมบ์ได้กล่าวไว้ว่า "แรงระหว่างวัตถุเล็ก ๆ มาก ที่แยกในสูญญากาศ หรือ free space ด้วยระยะทางที่ซึ่งมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของวัตถุ จะมีสัดส่วนตามขนาดของประจุแต่ละตัว และสัดส่วนตรงข้ามกับระยะทางระหว่างทั้งสองกำลังสอง" คือ

$$F = k\frac{Q_1 Q_2}{R^2} \quad \text{นิวตัน (N)} \qquad \textbf{(2.1)}$$

เมื่อ Q_1 และ Q_2 คือ จำนวนของประจุไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นประจุบวกหรือลบก็ได้ , หน่วยคูลอมบ์ (Coulombs (C))

R คือ ระยะห่างระหว่างประจุ Q_1 และ Q_2 หน่วยเมตร (m)

k คือ ค่าคงที่ (proportionality Constant)

ซึ่ง $k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ โดยจะมีเฉพาะกฎของคูลอมบ์เท่านั้น ในสมการของแมกซ์เวลล์จะไม่มี

ε_0 คือ ค่าสภาพยอม (permittivity) ของสูญญากาศ, หน่วย $\mathrm{F/m}$

$$\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{12} \doteq \frac{1}{36\pi} \times 10^9 \qquad \mathrm{F/m}$$

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \qquad (\mathrm{N}) \qquad \textbf{(2.2)}$$

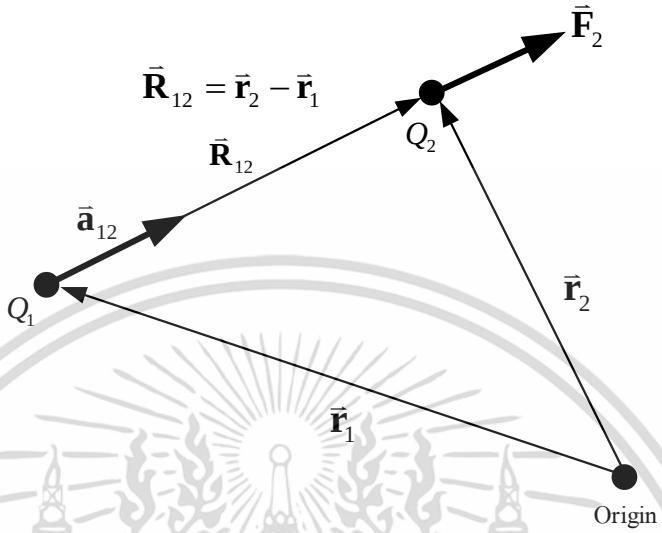
นิวตัน (Newton (N)) คือ หน่วยของแรง (force) มีค่าเท่ากับ 0.2248 lbf และคือแรงที่ให้กับมวลขนาด 1 kg แล้วเกิดความเร่ง 1 $\mathrm{m/s^2}$

และกฎของคูลอมบ์ในรูปเวคเตอร์เขียนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_{12}^2}\,\vec{a}_{12} \qquad (2.3)$$

$\vec{a}_{12}$ คือ เวคเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทางของ $\vec{R}_{12}$



ภาพที่ 2.1 ถ้าประจุ Q_1 และ Q_2 มีเครื่องหมายเหมือนกัน แรงเวคเตอร์ $\vec{F}_2$ บน Q_2 อยู่ในทิศทาง เดียวกันกับเวคเตอร์ $\vec{R}_{12}$

หรือ $$\vec{a}_{12} = \frac{\vec{R}_{12}}{|\vec{R}_{12}|} = \frac{\vec{R}_{12}}{R_{12}} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|} \qquad (2.4)$$

สรุปได้ว่า 1. แรงที่แสดงด้วยกฎของคูลอมบ์ เป็นแรงที่กระทำซึ่งกันและกันของประจุ 2 ตัว ใด ๆ โดย จะได้ขนาดเดียวกัน แต่ทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งแสดงได้ในความเท่ากัน ดังนี้

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_{12}^2}\,\vec{a}_{21} = -\frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R_{12}^2}\,\vec{a}_{12} \qquad (2.5)$$

2. กฎของคูลอมบ์เป็นแบบเชิงเส้น (linear) คือ ถ้าคูณ Q_1 ด้วย n ทำให้แรงบน Q_2 ถูก คูณด้วย n ด้วย

3. และมีความจริงว่า “แรงบนประจุในขณะนั้นจากประจุหลาย ๆ ตัว เป็นผลบวกของแรงบนประจุนั้น ที่กระทำโดยประจุแต่ละตัวที่กระตุ้นลำพัง”

2.2.2 ความแรงของสนามไฟฟ้า (Electric Field Intensity)

ถ้าให้ประจุตัวหนึ่ง (Q_1) อยู่กับที่ และประจุตัวที่สอง (Q_2) เคลื่อนที่ไปรอบ ๆ สังเกตได้ว่า ประจุ Q_1 จะกระตุ้น Q_2 ทุก ๆ ที่ หรือกล่าวได้ว่าประจุตัวที่สองนี้ได้แสดงการมี “สนามของแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(force field)" เรียก Q_2 นี้ว่าประจุทดสอบ (test charge, Q_t) แรงบน Q_t นี้กำหนดด้วยกฎของคูลอมบ์ และแสดงได้ดังนี้

$$\vec{F}_t = \frac{Q_1 Q_t}{4\pi\varepsilon_0 R_{1t}^2}\,\vec{a}_{1t} \qquad (2.6)$$

และแรงต่อประจุหนึ่งหน่วย

$$\frac{\vec{F}_t}{Q_t} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_{1t}^2}\,\vec{a}_{1t} \quad N/C \qquad (2.7)$$

สมการที่ 2.7 แสดงทิศทางจาก Q_1 สู่ Q_t แต่ในส่วนขนาดจะเห็นเฉพาะ Q_1 ซึ่งสิ่งนี้อธิบายเป็นสนามเวคเตอร์ (Vector field) และเรียกว่า "ความแรงของสนามไฟฟ้า" จึงสรุปความหมายของความแรงของสนามไฟฟ้าได้ว่า คือ สนามเวคเตอร์บนประจุทดสอบบวก 1 คูลอมบ์นั่นเอง ความแรงของสนามไฟฟ้ามีหน่วยเป็น N/C (Newtons per Coulomb) ซึ่งแสดงแรงต่อประจุ 1 หน่วย

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_t}{Q_t}$$

$$\vec{E} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 R_{1t}^2}\,\vec{a}_{1t} \qquad (2.8)$$

สมการที่ 2.8 นี้เป็นนิพจน์สำหรับความแรงของสนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุชนิดจุดหนึ่งตัว (Q_1) ในสูญญากาศ ซึ่งเขียนในรูปสมการทั่วไปได้ดังนี้

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\,\vec{a}_R \qquad (2.9)$$

R คือ ขนาดของเวคเตอร์ $\vec{R}$ ซึ่งเป็นระยะทางจากจุดที่ประจุชนิดจุดอยู่สู่จุดที่ต้องการหา $\vec{E}$

$\vec{a}_R$ คือ เวคเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทาง $\vec{R}$

ให้ Q_1 อยู่ที่จุดศูนย์กลางของระบบแกนประสานทรงกลม ดังนั้น เวคเตอร์หนึ่งหน่วย $\vec{a}_R$ กลายเป็นเวคเตอร์หนึ่งหน่วยของรัศมี $\vec{a}_r$ และ R คือ r ดังนั้น

$$\vec{E} = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\,\vec{a}_r \qquad (2.10)$$

หรือ

$$E_r = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนามมีองค์ประกอบทางรัศมีอย่างเดียว และสัมพันธ์กับกฎ inverse-square ของรัศมี $(1/r^2)$ ดังแสดงในสมการที่ 2.10 และ 2.11 นี้

ในระบบแกนประสานทรงกระบอก ได้เป็น

$$\vec{R} = \vec{r} = x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z$$

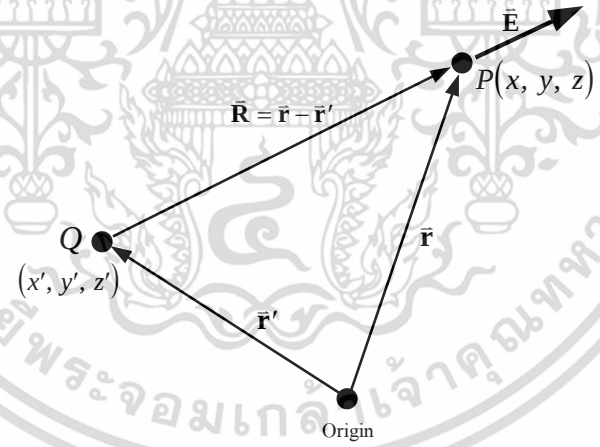
$$\vec{a}_R = \vec{a}_r = (x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z)\Big/\sqrt{x^2+y^2+z^2}$$

และดังนั้น

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0(x^2+y^2+z^2)}\left(\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\vec{a}_x + \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\vec{a}_y + \frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\vec{a}_z\right) \qquad \textbf{(2.12)}$$

สำหรับประจุ Q ที่จุดกำเนิด (source point) $\vec{r}' = x'\vec{a}_x + y'\vec{a}_y + z'\vec{a}_z$ หาสนามที่จุดต้องการหาค่า (field point) ทั่ว ๆ ไป $\vec{r} = x\vec{a}_x + y\vec{a}_y + z\vec{a}_z$ ด้วยการแสดง $\vec{R}$ ที่ $\vec{r} - \vec{r}'$

ดังนั้น $\vec{E}(\vec{r}) = \dfrac{Q}{4\pi\varepsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'|^2}\dfrac{(\vec{r}-\vec{r}')}{|\vec{r}-\vec{r}'|} = \dfrac{Q(\vec{r}-\vec{r}')}{4\pi\varepsilon_0|\vec{r}-\vec{r}'|^3}$



ภาพที่ 2.2 เวคเตอร์ $\vec{r}'$ เป็นตำแหน่งของประจุจุด Q, เวคเตอร์ $\vec{r}$ แสดงจุดทั่วไปในที่ว่าง $P(x, y, z)$ และเวคเตอร์ $\vec{R}$ แสดงระยะห่างจาก Q สู่จุด P คือ $\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$

ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 26)

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{Q\left[(x-x')\vec{a}_x + (y-y')\vec{a}_y + (z-z')\vec{a}_z\right]}{4\pi\varepsilon_0\left[(x-x')^2 + (y-y')^2 + (z-z')^2\right]^{3/2}} \qquad \textbf{(2.13)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 2.13 แสดงสนามเวคเตอร์เป็นฟังก์ชั่นของเวคเตอร์ตำแหน่ง (position vector) และ สิ่งนี้เน้นตัว $\vec{E}$ ด้วยสัญลักษณ์ในเครื่องหมายทางฟังก์ชั่น คือ $\vec{E}(\vec{r})$

สนามที่เกิดจากประจุชนิดจุดจำนวน n ตัว

เพราะแรงคูลอมบ์เป็นแบบเชิงเส้น ความแรงของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นด้วยประจุชนิดจุด 2 ตัว คือ Q_1 ที่ $\vec{r}_1$ และ Q_2 ที่ $\vec{r}_2$ เท่ากับผลบวกของแรงบนประจุ Q_t ที่กระทำจาก Q_1 และ Q_2 ขณะกระตุ้นโดยลำพังแต่ละตัว แสดงได้ดังนี้

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_1\right|^2}\vec{a}_1+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_2\right|^2}\vec{a}_2 \qquad \textbf{(2.14)}$$

จากสมการที่ 3.14 $\vec{a}_1$ และ $\vec{a}_2$ คือ เวคเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทาง $\left(\vec{r}-\vec{r}_1\right)$ และ $\left(\vec{r}-\vec{r}_2\right)$ ตามลำดับ เวคเตอร์ $\vec{r}$, $\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$, $\vec{r}-\vec{r}_1$, $\vec{r}-\vec{r}_2$, $\vec{a}_1$ และ $\vec{a}_2$ ดังแสดงในภาพที่ 2.3

สนามที่เกิดจากประจุชนิดจุดจำนวน n ตัว ได้ดังนี้

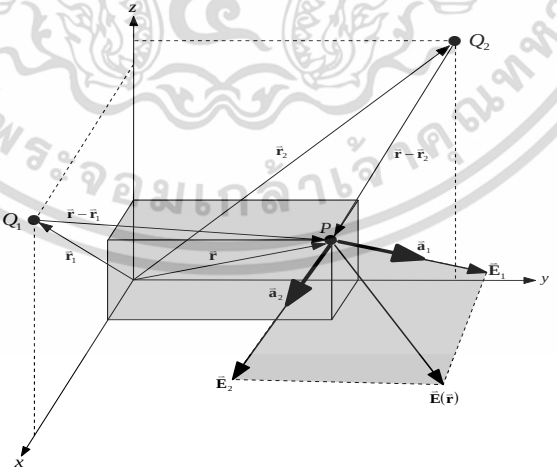
$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_1\right|^2}\vec{a}_1+\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_2\right|^2}\vec{a}_2+\cdots+\frac{Q_n}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_n\right|^2}\vec{a}_n \qquad \textbf{(2.15)}$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{m=1}^{n}\frac{Q_m}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}_m\right|^2}\vec{a}_m \qquad \textbf{(2.16)}$$

2.2.3 สนามไฟฟ้าอันเนื่องจากการกระจายของประจุแบบปริมาตรอย่างต่อเนื่อง

จำนวนประจุน้อย ๆ (ΔQ) ในปริมาตรเล็ก ๆ (Δv) คือ

$$\Delta Q = \rho_v \Delta v \qquad \textbf{(2.17)}$$



ภาพที่ 2.3 การบวกเวคเตอร์ในค่าความแรงของสนามไฟฟ้าที่จุด P อันเนื่องจากประจุ Q_1 ที่ $\vec{r}_1$ และ Q_2 ที่ $\vec{r}_2$

ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และหา ρ_v ได้ดังนี้

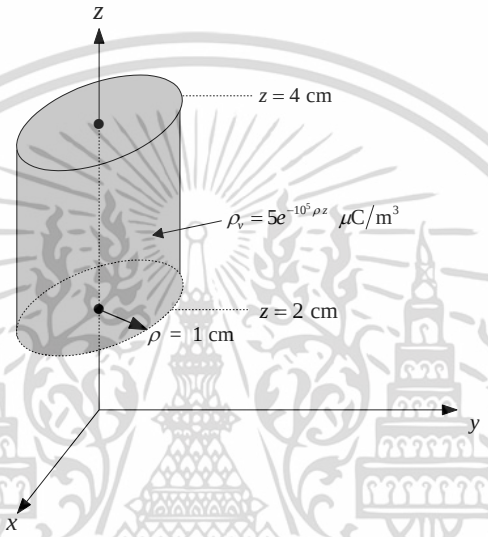
$$\rho_v = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta Q}{\Delta v} \quad \textbf{(2.18)}$$

ดังภาพที่ 2.4 แสดงประจุทั้งหมดที่บรรจุอยู่ภายในทรงกระบอกเต็มรูปอันหนึ่ง โดยหาได้จาก

$$Q = \int_{vol} dQ = \int_{vol} \rho_v \, dv \quad \textbf{(2.19)}$$

ประจุทั้งหมดภายในปริมาตรที่จำกัดบางส่วนหาได้ด้วยการอินทิเกรตผ่านปริมาตรนั้น

$$Q = \int_{vol} dQ = \int_{vol} \rho_v \, dv \quad \textbf{(2.20)}$$



ภาพที่ 2.4 ประจุทั้งหมดที่อยู่ภายในทรงกระบอกเต็มรูป
ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 29)

จากภาพ ให้ $\rho_v = -5 \times 10^{-6} e^{-10^5 \rho z}$ C/m^3 (volume charge density, ความหนาแน่นของประจุเชิงปริมาตร) จากแกนประสานทรงกระบอก

$$Q = \int_{vol} \rho_v \, (dv) = \int\int\int_{\rho \phi z} \rho_v \, (\rho \, d\rho \, d\phi \, dz) \quad \textbf{(2.21)}$$

$$Q = \int_{vol} \rho_v (dv) = \int_{0.02}^{0.04} \int_0^{2\pi} \int_0^{0.01} \left(-5 \times 10^{-6} e^{-10^5 \rho z}\right)(\rho \, d\rho \, d\phi \, dz)$$

$$= \frac{-\pi}{40} \text{ pC}$$

ถ้าสมมุติให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ค่า 10 % ของความเร็วแสง ในระยะทางยาว 2 cm จะเคลื่อนที่ในเวลา $\frac{2}{3}$ nS ดังนั้น จะได้กระแสประมาณเท่ากับผลจากการหาร ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{-\left(\pi/40\right)\ 10^{-12}}{\left(\frac{2}{3}\right)\ 10^{-9}}$$

$$= 118 \quad \mu A$$

ความแรงของสนามไฟฟ้าที่ตำแหน่ง $\vec{r}$ ที่เกิดจากประจุส่วนหนึ่ง ΔQ แสดงได้ดังนี้

$$\Delta\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\Delta Q}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|^2}\frac{\left(\vec{r}-\vec{r}'\right)}{\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|} = \frac{\rho_V\ \Delta v}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|^2}\frac{\left(\vec{r}-\vec{r}'\right)}{\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|} \qquad \textbf{(2.22)}$$

ถ้าบวกส่วนย่อย ๆ ของประจุเชิงปริมาตรทั้งหมดในช่วงที่กำหนด และให้ปริมาตรส่วนย่อย ๆ (Δv) ประมาณ 0 เมื่อจำนวนของส่วนย่อย ๆ เหล่านี้เป็นอนันต์ การบวกทั้งหมดแสดงเป็นการอินทิเกรตได้ดังนี้

$$\vec{E}(\vec{r}) = \int_{vol}\frac{\rho_v\left(\vec{r}'\right)\ dv'}{4\pi\varepsilon_0\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|^2}\frac{\left(\vec{r}-\vec{r}'\right)}{\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|} \qquad \textbf{(2.23)}$$

$\vec{r}'$ คือ เวคเตอร์ระยะทางจากจุด Origin สู่จุดที่ประจุอยู่ (source Point)

$\rho_v\left(\vec{r}'\right)$, dv' เป็นค่าที่กำหนด

$\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|$ เป็นระยะทางสเกลาร์ระหว่างจุดที่ประจุอยู่กับจุดที่พิจารณาค่า(field Point)

และ $\frac{\left(\vec{r}-\vec{r}'\right)}{\left|\vec{r}-\vec{r}'\right|}$ คือ เวคเตอร์หนึ่งหน่วย ทิศทางจากจุดที่ประจุอยู่กับจุดที่พิจารณาค่า

2.2.4 สนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น

ภาพที่ 2.5 แสดงสนามไฟฟ้าส่วนย่อย ๆ คือ $d\vec{E} = dE_\rho\vec{a}_\rho + dE_z\vec{a}_z$ ซึ่งความแรงของสนามไฟฟ้านี้เกิดจากประจุส่วนย่อย ๆ คือ $dQ = \rho_L\ dL$ ที่ระยะทาง r จากจุด Origin ความหนาแน่นของประจุแบบสม่ำเสมอ (linear charge density) จะเหมือนกันตลอด และขยายไปตามแกน z จากภาพที่ 2.5 แสดงประจุเชิงเส้นแบบเส้นตรงที่ขยายไปตามแกน z ในระบบแกนประสานทรงกระบอกจาก $-\infty$ ถึง $+\infty$

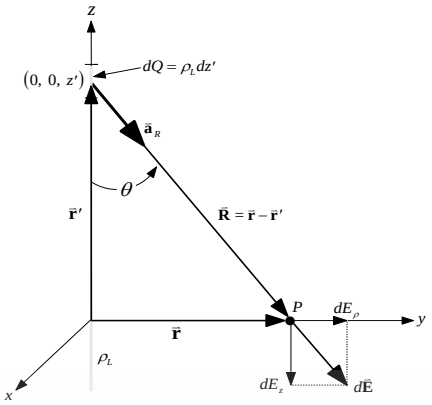
การหาความแรงของสนามไฟฟ้าที่จุดใด ๆ ที่เป็นผลจากความหนาแน่นของประจุเชิงเส้นที่มีรูปลักษณะคงที่ตลอด (uniform line charge density, ρ_L) ได้ดังนี้

$$dQ = \rho_L\ dL \qquad \textbf{(2.24)}$$

$$d\vec{E} = \frac{\rho_L\ dL}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\vec{a}_R \qquad \textbf{(2.25)}$$

จากภาพที่ 2.5 ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 ความแรงของสนามไฟฟ้า $d\vec{E} = dE_\rho \vec{a}_\rho + dE_z \vec{a}_z$ ที่เกิดขึ้นจากประจุส่วนย่อย ๆ $dQ = \rho_L dz'$ วางอยู่ที่ระยะ z' จากจุด Origin ความหนาแน่นของประจุแบบเชิงเส้นเป็นลักษณะค่าคงที่ตลอด และขยายไปตามแกน z

ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 31)

$$d\vec{E} = \frac{\rho_L \, dz' \left(\vec{r} - \vec{r}'\right)}{4\pi\varepsilon_0 \left|\vec{r} - \vec{r}'\right|^3} \tag{2.26}$$

ในที่นี้

$$\vec{r} = y\vec{a}_y = \rho \, \vec{a}_\rho$$

$$\vec{r}' = z'\vec{a}_z$$

และ

$$\vec{r} - \vec{r}' = \rho \, \vec{a}_\rho - z'\vec{a}_z$$

ดังนั้น

$$d\vec{E} = \frac{\rho_L \, dz' \left(\rho \, \vec{a}_\rho - z'\vec{a}_z\right)}{4\pi\varepsilon_0 \left(\rho^2 + z'^2\right)^{3/2}} \tag{2.27}$$

เนื่องจาก เฉพาะส่วนประกอบ E_ρ เท่านั้นที่จะปรากฏ ดังนั้นจึงได้

$$dE_\rho = \frac{\rho_L \, dL \sin\theta}{4\pi\varepsilon_0 R^2} = \frac{\rho_L \, dL}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \, \frac{Y}{R} = \frac{\rho_L \, dL \, \rho}{4\pi\varepsilon_0 R^3} \tag{2.28}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ 2.27 และจากภาพที่ 2.5 ได้ dE_ρ เป็นดังนี้

$$dE_\rho = \frac{\rho_L \rho\, dz'}{4\pi\varepsilon_0 \left(\rho^2 + z'^2\right)^{3/2}} \tag{2.29}$$

และ

$$E_\rho = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho_L \rho\, dz'}{4\pi\varepsilon_0 \left(\rho^2 + z'^2\right)^{3/2}} \tag{2.30}$$

การอินทิเกรตด้วยตารางการอินทิเกรต หรือใช้การเปลี่ยนตัวแปร $z' = \rho \cot\theta$ จึงได้เป็น

$$E_\rho = \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0}\rho\left(\frac{1}{\rho^2} - \frac{z'}{\sqrt{\rho^2 + z'^2}}\right)_{-\infty}^{\infty} \tag{2.31}$$

และได้สมการที่ต้องการ คือ

$$E_\rho = \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0\, \rho} \tag{2.32}$$

สมการที่ 2.32 คือคำตอบที่ต้องการ แต่สมการเหล่านี้มีหลายหนทางที่จะได้มา โดยอาจมีการใช้มุม θ เป็นตัวแปรของการอินทิเกรต สำหรับ $z' = \rho \cot\theta$ จากภาพที่ 2.8 และ $dz' = -\rho \csc^2\theta\, d\theta$ เพราะ $R = \rho \csc\theta$ การอินทิเกรตจึงกลายเป็นดังนี้

$$dE_\rho = \frac{\rho_L\, dz'}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \sin\theta = \frac{\rho_L \sin\theta\, d\theta}{4\pi\varepsilon_0\rho} \tag{2.33}$$

$$E_\rho = -\frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0\rho}\int_\pi^0 \sin\theta\, d\theta = \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0\rho}\cos\theta\Big]_\pi^0$$

$$= \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0\rho}$$

หรือใช้สมการที่ 2.34 ต่อไปนี้ ในการพิจารณาความแรงของสนามไฟฟ้าตามสมการที่ 2.23 คือ

$$\vec{E} = \int_{vol} \frac{\rho_V\, dv'\left(\vec{r} - \vec{r}'\right)}{4\pi\varepsilon_0 \left|\vec{r} - \vec{r}'\right|^3} \tag{2.34}$$

โดยกำหนด $\rho_v\, dv' = \rho_L\, dz'$ และการอินทิเกรตไปตามความยาว พิจารณาภาพที่ 2.6 ที่จุด P ซึ่งเป็นตำแหน่งทั่วไป คือ (ρ, ϕ, z) ได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{r} = \rho\,\vec{a}_\rho + z\vec{a}_z$$

$$\vec{r}' = z'\vec{a}_z$$

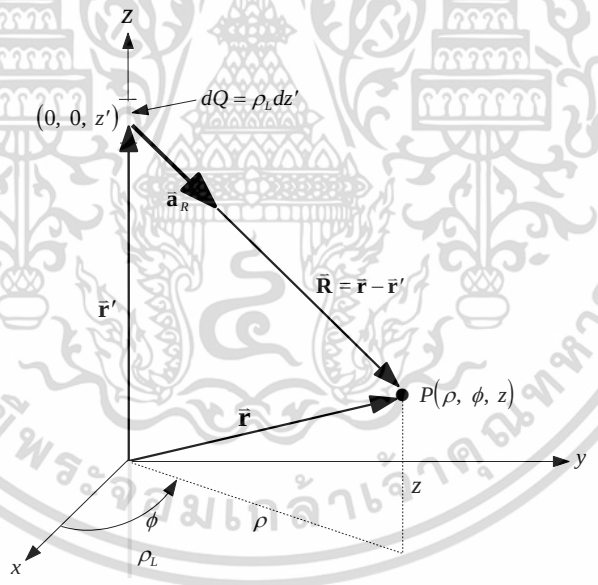
$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{r}' = \rho\,\vec{a}_\rho + (z - z')\vec{a}_z$$

$$R = \sqrt{\rho^{\,2} + (z - z')^2}$$

$$\vec{a}_R = \frac{\rho\,\vec{a}_\rho + (z - z')\vec{a}_z}{\sqrt{\rho^{\,2} + (z - z')^2}}$$

$$\vec{E} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho_L\, dz' \left[\rho\,\vec{a}_\rho + (z - z')\vec{a}_z\right]}{4\pi\varepsilon_0 \left[\rho^2 + (z - z')^2\right]^{3/2}} \qquad (2.35)$$

$$= \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho\; dz'\vec{a}_\rho}{\left[\rho^2 + (z - z')^2\right]^{3/2}} + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(z - z')\; dz'\vec{a}_z}{\left[\rho^2 + (z - z')^2\right]^{3/2}}\right\}$$



ภาพที่ 2.6 ภาพเรขาคณิตของสนามจากประจุเชิงเส้นที่ยาวอนันต์
ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 34)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\vec{E} = \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\vec{a}_\rho \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho\ dz'}{\left[\rho^2+(z-z')^2\right]^{3/2}} + \vec{a}_z \int_{-\infty}^{\infty} \frac{(z-z')\ dz'}{\left[\rho^2+(z-z')^2\right]^{3/2}}\right\}$$

$$= \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0}\left\{\left[\vec{a}_\rho\ \rho\frac{1}{\rho^2}\frac{-(z-z')}{\sqrt{\rho^2+(z-z')^2}}\right]_{-\infty}^{\infty} + \left[\vec{a}_z \frac{1}{\rho^2+(z-z')^2}\right]_{-\infty}^{\infty}\right\} \qquad \textbf{(2.36)}$$

$$= \frac{\rho_L}{4\pi\varepsilon_0}\left[\vec{a}_\rho\ \frac{2}{\rho} + \vec{a}_z\ (0)\right] = \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0\rho}\vec{a}_\rho$$

$$\vec{E} = \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0\rho}\ \vec{a}_\rho \qquad \textbf{(2.37)}$$

ภาพที่ 2.7 แสดงประจุเชิงเส้นที่ยาวอนันต์ ที่วางขนานอยู่กับแกน z ที่ตำแหน่ง $x=6$, y=8 สนามไฟฟ้า $\vec{E}$ ที่เกิดขึ้นที่จุดทั่ว ๆ ไป $P(x,y,z)$ สามารถหาได้โดยการแทนค่า ρ ในสมการที่ 2.37 ด้วยระยะทางรัศมีระหว่างประจุเชิงเส้นกับจุด P คือ $\sqrt{(x-6)^2-(y-8)^2}$ และให้ $\vec{a}_\rho$ เท่ากับ $\vec{a}_R$ ดังนั้น

$$\vec{E} = \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0\sqrt{(x-6)^2+(y-8)^2}}\ \vec{a}_R$$

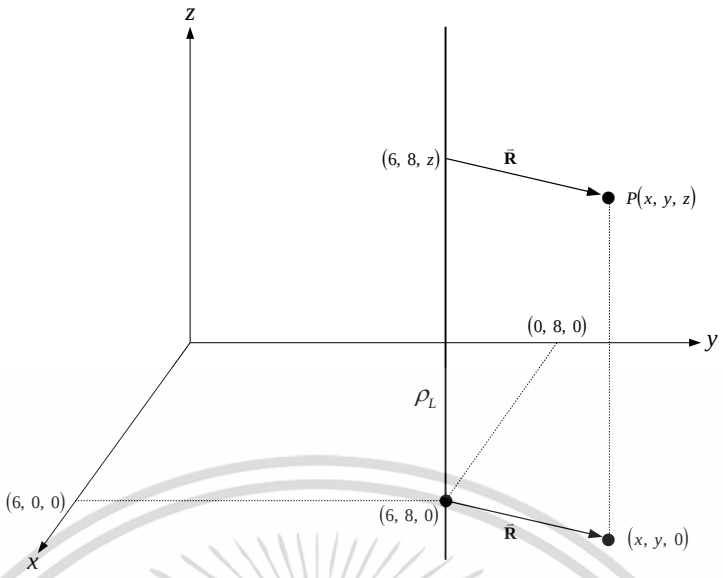
ในที่นี้

$$\vec{a}_R = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|} = \frac{(x-6)\vec{a}_x + (y-8)\vec{a}_y}{\sqrt{(x-6)^2+(y-8)^2}}$$

เพราะฉะนั้น จึงได้ $\vec{E}$ ที่สังเกตได้ว่าไม่ได้เป็นฟังก์ชันของ z ดังนี้

$$\vec{E} = \frac{\rho_L}{2\pi\varepsilon_0}\frac{(x-6)\vec{a}_x + (y-8)\vec{a}_y}{(x-6)^2+(y-8)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.7 สนามไฟฟ้าที่จุด $P(x, y, z)$ อันเนื่องจากประจุเชิงเส้นที่มีรูปลักษณะคงที่ตลอดที่มีความยาวเป็นอนันต์ วางอยู่ ณ ตำแหน่ง $x = 6, y = 8$

ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 35)

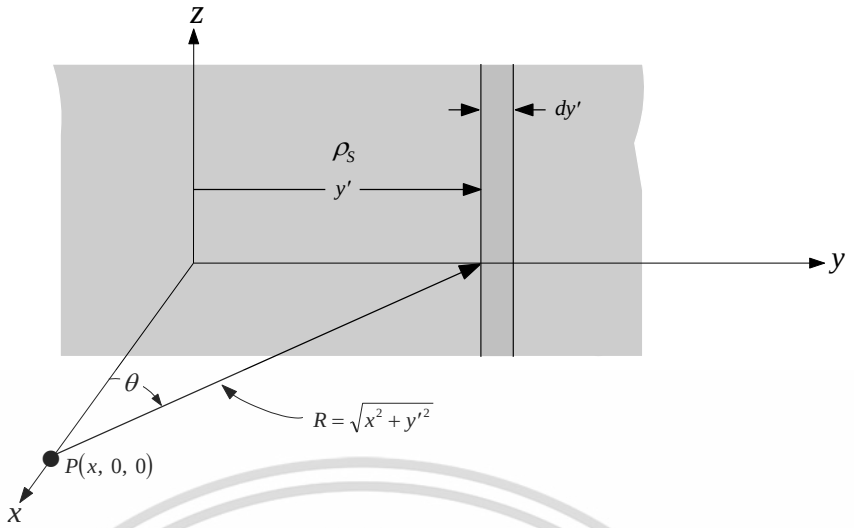
2.2.5 สนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น

ประจุแบบแผ่นที่มีพื้นที่อนันต์ (infinite sheet of charge) ที่มีความหนาแน่นประจุในลักษณะคงที่ตลอด (uniform surface charge density) ρ_S C/m^2 ดังในภาพที่ 2.8 แสดงประจุแบบแผ่นในระนาบ yz และใช้การพิจารณาเช่นเดียวกับประจุเชิงเส้น โดยใช้สมการสนามไฟฟ้าของประจุเชิงเส้นที่ยาวอนันต์ (สมการที่ 2.37) โดยการแบ่งแผ่นประจุที่มีพื้นที่อนันต์นี้ไปสู่แผ่นประจุย่อย ๆ ที่มีความกว้างน้อยมาก ๆ (differential-width strips) ดังแสดงในภาพที่ 2.8 ความหนาแน่นของประจุเชิงเส้น หรือประจุต่อหนึ่งหน่วยความยาว หาได้จาก

$$\rho_L = \rho_S \, dy' \qquad \textbf{(2.38)}$$

และระยะทางจากประจุเชิงเส้นนี้ไปสู่จุด P ทั่ว ๆ ไปบนแกน x คือ $R = \sqrt{x^2 + y'^2}$ ค่าความแรงสนามไฟฟ้าในส่วนประกอบ E_x ที่จุด P จากแถบประจุย่อย ๆ (strips) ดังกล่าว ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ประจุแบบแผ่นที่มีพื้นที่อนันต์วางอยู่ในระนาบ yz จุดทั่วไป P อยู่บนแกน x และประจุเชิงเส้นความกว้างเล็ก ๆ ถูกใช้เป็นส่วนย่อย ๆ ในการ

หาสนามไฟฟ้าที่จุด P

ที่มา : วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ (2551: 36)

$$dE_x = \frac{\rho_S\, dy'}{2\pi\varepsilon_0\sqrt{x^2+y'^2}}\cos\theta = \frac{\rho_S}{2\pi\varepsilon_0}\frac{x\,dy'}{\left(x^2+y'^2\right)} \qquad (2.39)$$

และเมื่อบวกผลจากแถบประจุย่อย ๆ รวมกันทั้งหมด ได้สนามไฟฟ้าทั้งหมดเป็น

$$E_x = \frac{\rho_S}{2\pi\varepsilon_0}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{x\,dy'}{\left(x^2+y'^2\right)} = \frac{\rho_S}{2\pi\varepsilon_0}\tan^{-1}\frac{y'}{x}\Bigg]_{-\infty}^{\infty} \qquad (2.40)$$

$$= \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}$$

ถ้าจุด P เลือกพิจารณาบนแกน x ด้านลบ ดังนั้น

$$E_x = -\frac{\rho_S}{2\varepsilon_0} \qquad (2.41)$$

สำหรับสนามที่เกิดขึ้นมีทิศทางออกจากประจุบวกเสมอ สิ่งนี้มีความยุ่งยากในการวิเคราะห์เครื่องหมาย จึงกำหนดโดยเวคเตอร์หนึ่งหน่วย $\vec{a}_N$ ที่ซึ่งตั้งฉากกับแผ่นประจุ และมีทิศทางออกหรือห่างออกจากแผ่นประจุนี้ ดังนี้

$$\vec{E} = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_N \qquad (2.42)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีประจุแบบแผ่นที่ยาวอนันต์อีกตัวหนึ่ง ที่มีความหนาแน่นของประจุเป็นลบ ($-\rho_S$) ตั้งอยู่ที่ระนาบ $x = a$ สามารถหาสนามทั้งหมดด้วยการบวกผลจากแผ่นประจุแต่ละอันในช่วง $x > a$

$$\vec{E}_+ = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \vec{E}_- = -\frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = 0$$

และสำหรับ $x < 0$

$$\vec{E}_+ = -\frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \vec{E}_- = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = 0$$

และ เมื่อ $0 < x < a$

$$\vec{E}_+ = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \vec{E}_- = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x$$

และได้

$$\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_- = \frac{\rho_S}{2\varepsilon_0}\vec{a}_x \qquad \textbf{(2.43)}$$

สิ่งนี้เป็นคำตอบในทางปฏิบัติที่สำคัญอันหนึ่ง คือ เป็นสนามระหว่างแผ่นตัวนำสองแผ่นที่วางขนานกันของตัวคาปาซิเตอร์อากาศ (air capacitor) ซึ่งแผ่นตัวนำจะมีพื้นที่เป็นมิติเชิงเส้น ที่มีขนาดใหญ่กว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสองนี้

2.3 หลักการทำงานพื้นฐานของระบบ Simulation

พิชญา ตัณฑัยย์ (2546 : ออนไลน์) กล่าวว่า Simulation คือ การนำเสนอหรือการจำลองลักษณะของระบบอื่น ๆ ตลอดช่วงเวลาที่สนใจ ซึ่งในกรณีที่กล่าวถึง Computer simulation จะหมายถึงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองการทำงานของระบบที่สนใจ

2.2.1 Computer Simulation Fundamental

1. Computer Simulation คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จำลองลักษณะการทำงานของโปรแกรมที่สนใจตลอดเวลาหรือเฉพาะช่วงเวลาที่ให้ความสนใจ

2. Program variables หรือ State variables เป็นตัวแปรซึ่งใช้เป็นสื่อกลางในการแสดงถึงสถานะปัจจุบันของระบบที่จำลอง

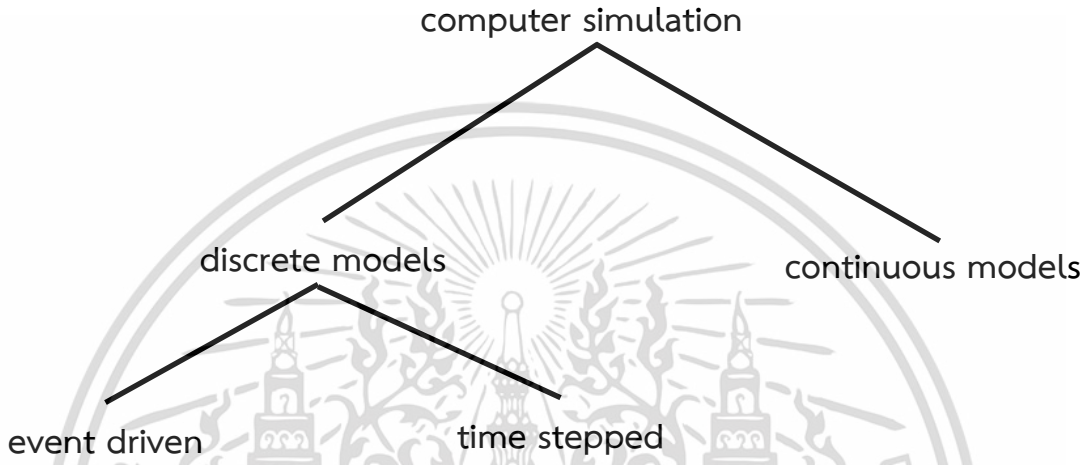
3. Simulation Program จะปรับเปลี่ยนค่าของ state variable เพื่อที่จะพัฒนาแบบจำลองไปตามช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รูปแบบของเวลาที่มีการใช้งานในระบบ Simulation

2.2.2 Computer Simulation Taxonomy

Computer Simulation Taxonomy เป็นการกล่าวถึงลักษณะการทำงานของ Computer Simulation ซึ่งสามารถที่จะแบ่งการทำงานออกมาเป็นลักษณะหรือวิธีการทำงานย่อยได้ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แผนภาพ Computer Simulation Taxonomy
ที่มา : http://fivedots.coe.psu.ac.th/~pichaya/pdss/pdss02Intro.doc

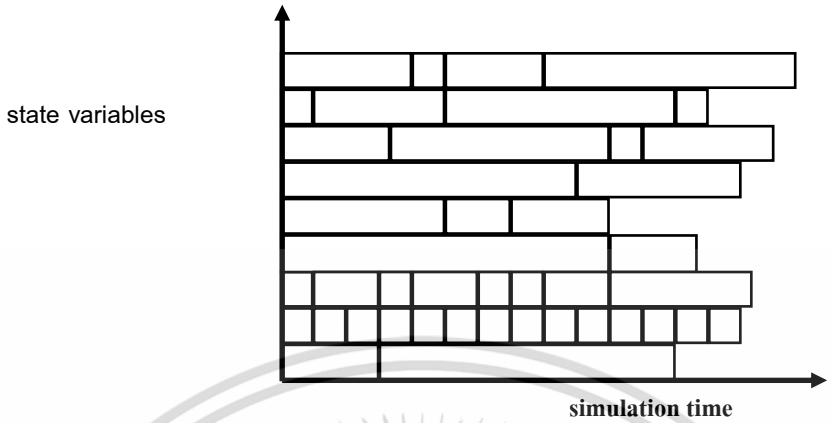
จากภาพที่ 2.9 วิธีการหรือลักษณะการทำงานของ Computer Simulation สามารถที่จะอธิบายได้ดังนี้คือ

1. Continuous time simulation เป็นระบบที่จำลองโดยการให้ความสนใจการเปลี่ยนแปลงในแบบจำลองตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นทำงานจนสิ้นสุดการทำงาน ไม่ว่าระหว่างการทำงานของแบบจำลองจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้นก็ตาม ซึ่งลักษณะของแบบจำลองที่ได้มักจะขึ้นกับสมการที่จะนำมาใช้ในการอธิบายแบบจำลอง แบบจำลองที่เหมาะสมกับการทำงานแบบนี้มักจะเป็นแบบจำลองที่ต้องการความต่อเนื่องในการทำงาน เช่น แบบจำลองของเครื่องบินที่ใช้แสดงการบินของเครื่องบิน

2. Discrete time simulation เป็นระบบที่การจำลองโดยการให้ความสนใจการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเป็นช่วงของเวลาที่ไม่ต่อเนื่อง คือไม่ต้องเก็บข้อมูลตลอดเวลาที่จำลองการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

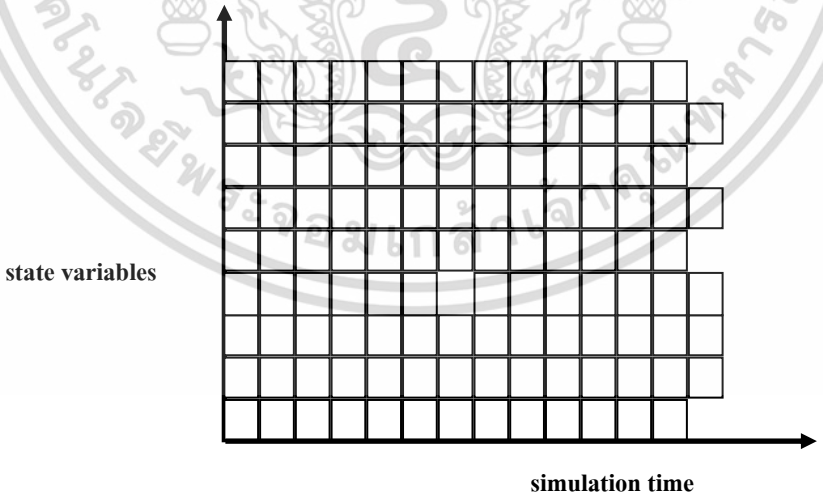
ทำงาน ซึ่งสามารถแบ่งเป็นรูปแบบย่อย ๆได้ 2 รูปแบบ คือ



ภาพที่ 2.10 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานแบบ Event stepped

ที่มา : http://fivedots.coe.psu.ac.th/~pichaya/pdss/pdss02Intro.doc

1. Event stepped เป็นแบบจำลองที่จะสนใจต่อเหตุการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น การเลื่อนไปของเวลาที่ใช้ในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ หากมีเหตุการณ์ใด เหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้นจึงจะมีการเลื่อนไปของเวลา แบบจำลองที่มีความเหมาะสม เช่น แบบจำลองของสนามบินอย่างง่ายซึ่งจะสนใจการขึ้นและลงของเครื่องบิน นั้นคือจะมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเครื่องบินมีการบินขึ้นและบินลงในสนามบิน



ภาพที่ 2.11 แผนภาพแสดงลักษณะการทำงานแบบ Time stepped

ที่มา : http://fivedots.coe.psu.ac.th/~pichaya/pdss/pdss02Intro.doc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Time stepped เป็นแบบจำลองที่จะเก็บข้อมูลเป็นช่วง ๆ ของเวลา ดังนั้นเวลาที่จะใช้ในการทำงานจะมีการเลื่อนไปด้วยอัตราคงที่ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการกำหนดของแบบจำลอง เช่น แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำของทะเล ซึ่งจะเก็บการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ครึ่งชั่วโมง

2.4 โปรแกรมที่ใช้ออกแบบโปรแกรมจำลอง

2.4.1 โปรแกรมภาษาไพทอน

ไพทอน (Python) คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถประมวลผลภาษา Python ได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือแม้แต่ระบบ FreeBSD อีกอย่างหนึ่งภาษานี้เป็น OpenSource เหมือนอย่าง PHP ทำให้นำ Python มาพัฒนาโปรแกรมได้ โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็น Open Source ทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ Python มีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครอบคุมกับทุกลักษณะงาน โค้ด (code) ของ Python ถูกสร้างขึ้นมาจากภาษาซี การประมวลผลจะทำในแบบอินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) คือจะประมวลผลไปทีละบรรทัดและปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับ Python เวอร์ชันแรกคือ เวอร์ชัน 0.9.0 ออกมาเมื่อปี 2533 และเวอร์ชันปัจจุบันคือ 3.8 (วันที่ 2019-11-11) นามสกุลไฟล์ ต่าง ๆ ของ ภาษา Python .py, .pyi, .pyc, .pyd, .pyo (ตั้งแต่เวอร์ชั่น 3.5), .pyw, .pyz (ตั้งแต่เวอร์ชั่น 3.5)

คุณลักษณะเด่นของภาษา Python

1. สนับสนุนแนวแบบคิดออปเจกต์โอเรียนเทด หรือ OOP (Object Oriented Programming)

2. เป็น Open Source

3. โค้ดที่เขียนด้วย Python สามารถนำไปประมวลผลบนระบบปฏิบัติการได้หลากหลาย

4. สนับสนุนเทคโนโลยี COM ของ Ms-windows

5. Python รวมมาตรฐานการอินเตอร์เฟส Tkinter ซึ่งสนับสนุนบนระบบ X windows, Ms-windows และ Macintosh การใช้คำสั่ง Tkinter API ช่วยให้โปรแกรมเมอร์ไม่ต้องแก้ไขโค้ดเมื่อนำไปประมวลผลบนระบบปฏิบัติการอื่น ๆ

6. เป็น Dynamic typing คือ สามารถเปลี่ยนชนิดข้อมูลได้ง่ายและสะดวก

7. มี Buil-in Object Types คือ โครงสร้างของข้อมูลที่สามารถใช้ได้ใน Python ประกอบด้วย ลิสต์, ดิกชันนารี, สตริง ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพสูง

8. มีเครื่องมือต่าง ๆ มากมาย เช่น การประมวลผลเท็กซ์ไฟล์ การเรียงข้อมูล การเชื่อต่อสตริง การตรวจสอบเงื่อนไขของข้อความ การแทนคำ เป็นต้น

9. มีมอดูลสำหรับจัดการ Regular Expresion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. มีมอดูลที่สร้างขึ้นจากนักพัฒนาสนับสนุนมากมาย ได้แก่ COM, Image, CORBA, ORBs, XML เป็นต้น

11. จัดการหน่วยความจำอย่างอัตโนมัติ สามารถจักการพื้นที่หน่วยความจำที่ไม่ต่อเนื่องให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

12. อนุญาตให้ฝังชุดคำสั่งของ Python เอาไว้ภายในโค๊ดภาษา C/C++ ได้

13. อนุญาตให้โปรแกรมเมอร์สร้าง Dynamic Link Libray (DLL) เพื่อใช้ร่วมกับ Python

14. มีมอดูลสนับสนุนเกี่ยวกับเน็ตเวิร์ก โปรเซส เธรด regular, expression, xml, GUI และอื่น ๆ

15. ประกอบด้วยมอดูลสำหรับสร้าง Internet Script และติดต่อกับอินเทอร์เน็ตผ่าน Sockets, และทำหน้าที่เป็น CGI Script ตรอดจนใช้งานคำสั่ง FTP , Glopher, XML และอื่น ๆอีกมาก

16. สามารถประมาลผมทางด้านวิยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

17. มีฟังก์ชันสนับสนุนฐานข้อมูล เช่น MySQL, Sybase, Oracle , Informix, ODBC และอื่น ๆ

18. มีไลบรารีสนับสนุนด้านการสร้างภาพกราฟฟิก เช่น ทำภาพเบลอ หรือภาพชัด หรือเขียนข้อความบนภาพ ตลอดจนบันถึกไฟล์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ

19. มีไลบรารีสนับสนุนด้านปัญยาประดิษฐ์

20. มีไลบรารีสำหรับสร้างเอกสาร PDF โดยไม่ต้องติดตั้ง Acrobat Writer

21. มีไลบรารีสำหรับสร้าง Shockwaves Flash (SWF) โดยไม่ต้องติดตั้ง Macromedia Flash

2.4.1.1 โปรแกรมภาษา Python บนแพลตฟอร์มต่าง ๆ

ซีไพทอน (CPython) คือแพลตฟอร์มภาษาไพทอนดั้งเดิม โปรแกรมอินเทอร์พรีเตอร์ถูกเขียนโดยภาษาซี ซึ่งคอมไพล์ใช้ได้บนหลายระบบปฏิบัติการ เช่น วินโดวส์, ยูนิกซ์, ลินุกซ์ การใช้งานสามารถทำได้โดยการติดตั้งโปรแกรมอินเทอร์พรีเตอร์และแพ็คเกจที่จำเป็นต่าง ๆ

ไจทอน (Jython) เป็นแพลตฟอร์มภาษาไพทอนที่ถูกพัฒนาบนแพลตฟอร์มจาวาเพื่อเพิ่มอำนวยความสะดวกในการใช้ความสามารถภาษาสคริปต์ของไพทอนลงในซอฟต์แวร์จาวาอื่น ๆ การใช้งานสามารถทำได้โดยการติดตั้งจาวาและเรียกไลบรารีของไจทอนซึ่งมาในรูปไบนารีเพื่อใช้งาน

Python.NET เป็นการพัฒนาภาษาไพทอนให้สามารถทำงานบนดอตเน็ตเฟรมเวิร์กของไมโครซอฟท์ได้ โดยโปรแกรมที่ถูกเขียนจะถูกแปลงเป็น CLR ปัจจุบันมีโครงการที่นำภาษาไพทอนมาใช้บน .NET Framework ของไมโครซอฟท์แล้วคือโครงการ IronPython

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 ไลบรารีภาษา Python

wxPython: อีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเขียนส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิกส์ ซึ่งสามารถใช้ได้หลายระบบปฏิบัติการ

SciPy: รวมโครงสร้างข้อมูลและการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการเขียนโปรแกรมคำนวณทางวิทยาศาสตร์

py2exe: ใช้สำหรับแปลงโปรแกรมที่เขียนในภาษาไพทอนให้อยู่ในรูปแบบของ ในระบบปฏิบัติการวินโดวส์

PyWin32: ใช้สำหรับติดต่อเรียกใช้บริการบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์และคลาสใน Microsoft Foundation Classes: MFC

MySQLdb: ใช้สำหรับติดต่อกับระบบฐานข้อมูล MySQL

psycopg2: ใช้สำหรับติดต่อกับระบบฐานข้อมูล โพสต์เกรสคิวเอล

PyGTK: GTK+ สำหรับ Python ใช้สำหรับสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิกส์ ซึ่งสามารถใช้ได้หลายระบบปฏิบัติการ

PyQt: Qt สำหรับ Python ใช้สำหรับสร้างส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิกส์ ซึ่งสามารถใช้ได้หลายระบบปฏิบัติการ

2.4.2 โปรแกรม Qt Designer

Qt Designer คือตัวแก้ไขเลย์เอาต์และรูปแบบส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Qt Framework Qt ออกแบบเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ จุดประสงค์หลักของมันคือการสร้างเครื่องมือและ GUI แบบรายละเอียดที่สามารถรวบรวมและใช้ในงานเขียนในภาษา C ++ อย่างไรก็ตาม Qt ออกแบบยังเป็นอย่างดีสามารถสร้างรหัสสำหรับการใช้งาน

ในการใช้ไฟล์ .ui ของ Qt Designer โดยตรงในโค้ดของคุณ คุณต้องใช้ Python เพื่อโหลดข้อมูลจากไฟล์ .ui สามารถทำได้ด้วยสคริปต์ Python ธรรมดาหรือโปรแกรมที่ซับซ้อนกว่านี้ PyQt-Python ทำให้ง่ายต่อการสร้างแอปพลิเคชัน GUI ด้วย Python อย่างไรก็ตาม หากต้องการใช้ไฟล์ .ui ของ Qt Designer โดยตรงในโค้ดต้องใช้ Python เพื่อโหลดข้อมูลจากไฟล์ .ui สามารถทำได้ด้วยสคริปต์ Python ธรรมดาหรือโปรแกรมที่ซับซ้อนกว่านี้

2.5 การสร้างและการพัฒนาโปรแกรม

2.5.1 จำลองที่สอดคล้องกับใบงาน เพื่อจัดลำดับการเรียนรู้ให้ผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110-114) การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต มีขั้นการออกแบบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง - สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน
7. เตรียมเอกสารประกอบ

ขั้นตอนงานต่าง ๆ มีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองไปใช้ในการสอน

จากการตัดสินใจที่จะใช้อุปกรณ์ทดลองสำหรับการสอนในหัวเรื่องหรือเนื้อหานั้น ๆ จะทำให้ทราบด้วยว่า อุปกรณ์ทดลอง - สาธิตใช้กับผู้เรียนกลุ่มใดและโดยปกติควรจะได้ทราบรายการวัตถุประสงค์ของบทเรียนส่วนนั้นด้วย ข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในการดำเนินงานพัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง - สาธิต โดยการกำหนดจุดประสงค์ของอุปกรณ์เพื่อให้คุณลักษณะของอุปกรณ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียน

ในขั้นตอนนี้อาจจะกล่าวได้ว่า เป็นขั้นตอนที่จะต้องศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง - สาธิตนั้นเกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรจะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น ในบางครั้งถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์มาแล้วโดยผู้อื่น ควรศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ด้วย

เมื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้ว จึงนำมาใช้เขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ในลักษณะคำบรรยายแต่จะไม่ระบุรูปร่างลักษณะทางด้านเทคนิคอย่างเฉพาะเจาะจง ข้อมูลต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่าเป็นขอบเขตคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่จะออกแบบสร้าง บางครั้งอาจจะกำหนดเป็นข้อ ๆ ได้ และสุดท้ายจะต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์

จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนที่ 1 จะนำมาดำเนินการในขั้นตอนที่ 2 โดยการวิเคราะห์คำบรรยายดังกล่าว เพื่อค้นหาค่าพื้นฐานที่ได้จะทำให้ทราบรายการหน้าที่ของอุปกรณ์ อาจจะไม่ได้รายการหน้าที่ครอบคลุมลักษณะของอุปกรณ์ ดังนั้น จึงต้องวิเคราะห์ค่าประกอบสัมพันธ์ด้วย

สรุปได้ว่า ในขั้นตอนที่ 2 จะทำให้ได้รายการหน้าที่ของอุปกรณ์และได้กำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่ว ๆ ไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่า ต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใด รูปร่างอย่างไรเพราะจะดำเนินการในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด

ในขั้นตอนนี้เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์ สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ที่กำหนด ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) วิทยาการที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้คือ วิชาฟิสิกส์ ได้แก่ ทางด้านกลไก (Mechanic) เคมี ไฟฟ้า แสง เสียง ความร้อน เป็นต้น

สิ่งที่ต้องกำหนดอาจจะเป็นคำเขียนสั้น ๆ หรือภาพสเก็ตช์ง่าย ๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ จะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สำหรับเป็นทางเลือกต่าง ๆ ที่จะทำการตัดสินใจเลือกในลำดับต่อไป แนวทางที่จะได้ทางเลือกต่าง ๆ คือ การศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่าง ๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้น ๆ

4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายสำคัญ คือ ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่าง ๆ โดยการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือก ซึ่งอาจจะมีวิธีการแตกต่างกันไป การตัดสินใจเลือกมีความสำคัญ คือ แนวทางหรือมาตรการในการตัดสินใจเลือกเกณฑ์ โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาดรูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น ส่วนน้ำหนักของเกณฑ์แต่ละเกณฑ์แตกต่างกันไป ตามความสำคัญหรือจะเน้นหนักในเรื่องใด เช่น จะเน้นทางด้านเทคนิคหรือด้านเศรษฐศาสตร์ การตัดสินใจเลือกจะต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือในการตัดสินใจเลือกจึงควรประกอบด้วยบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต ฝ่ายจัดการ เป็นต้น

การพัฒนาอุปกรณ์ซึ่งมีลักษณะประกอบต่าง ๆ จำนวนมาก อาจต้องทำการตัดสินใจเลือกถึงสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรก ตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ขั้นตอนที่สอง จะต้องวิเคราะห์ความเข้ากันได้หรือประกอบกันได้ของชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้เลือกมาแล้วจึงทำการตัดสินใจเลือกชุดประกอบย่อย ๆ แต่ละชุด

5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ

จากผลลัพธ์การตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบในขั้นตอนที่ 4 จะต้องนำมาสเก็ตช์เป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าว ๆ หรือจะสเก็ตช์เป็นแบบง่าย ๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในบางครั้งขั้นตอนนี้อาจจะต้องทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 บางครั้งอาจไม่ทำงานได้ตามต้องการ การทดสอบจะทำให้ได้ข้อมูลด้านขนาด ระยะ รูปร่างของอุปกรณ์นี้ด้วย

อุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูลบางอย่าง เพื่อทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ นอกจากนั้นจะศึกษาพิจารณาเรื่องแนวทางการผลิตต่อไป รวมทั้งกฎความปลอดภัยต่าง ๆ ด้วยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบจะนำไปใช้ประกอบในการเขียนเอกสารประกอบของอุปกรณ์นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เขียนแบบงาน

ในกรณีที่พัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์เพียงชิ้นเดียวงานเขียนแบบอาจไม่จำเป็น แต่ถ้าหากจะทำการผลิต หรือต้องการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประโยชน์ในการดำเนินงานต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก

แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิต ดังนั้นแบบงานของอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วน สำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ (เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น) นอกจากนั้นต้องมีข้อมูล หมายเลขแบบ ซึ่งอาจจะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดียว ระบบในงานเขียนมีความสำคัญต่อการคำนวณราคา การวางแผน การผลิต และการเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนของหน่วยงาน

7. การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไป ควรจะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบและคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและสอดคล้องตามจุดประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนจะต้องเตรียมเอกสารประกอบสำหรับใช้ในงานสอนด้วย

2.5.2 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์การผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ตามขั้นตอนของ จรณิต แก้วกังวาน ที่เป็นกระบวนการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบ Water Fall ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดขอบข่ายของงาน (Requirement analysis and definition) ในขั้นตอนแรกผู้ออกแบบระบบและผู้ใช้ระบบจะต้องพูดคุยให้เป็นที่เข้าใจกันว่าเป้าหมายและโครงสร้างระบบงานที่ผู้ใช้ต้องการ

2. ออกแบบระบบงาน และกำหนดโครงสร้างของซอฟต์แวร์ (System and software design) ที่ถูกพัฒนามาเป็นโปรแกรม ในการออกแบบระบบงานผู้ออกแบบจะต้องคำนึงโครงสร้างของซอฟแวร์ที่จำเป็นต้องพัฒนาหรือจัดหามาใช้งาน ส่วนการออกแบบซอฟแวร์เป็นการกำหนดโครงสร้างหลักของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้น

3. กำหนดการสร้างโปรแกรมจำลองและทดสอบหน่วยย่อยต่าง ๆ (Impementation and unit testing) ขั้นตอนนี้เป็นการแบ่งส่วนของซอฟแวร์ออกเป็นหน่วยของโปรแกรมย่อย ๆ (Program unit) และเมื่อเขียนโปรแกรมแต่ละหน่วยย่อยเสร็จแล้ว ต้องมีการตรวจสอบว่าแต่ละหน่วยถูกต้องตรงตามรูปแบบที่กำหนดไว้

4. เชื่อมโยงโปรแกรมย่อยแต่ละหน่วยและทดสอบระบบของโปรแกรมรวมกันทั้งระบบ (Implementation and system testing) โปรแกรมย่อยแต่ละส่วนจะถูกนำมาประสานรวมกันเป็นระบบงาน หลังจากนั้นทั้งซอฟแวร์ที่พัฒนาขึ้นต้องได้รับการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจตรงตามแผนการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ออกแบบไว้ และสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เมื่อทดสอบเป็นที่พอใจแล้วจึงนำระบบ ไปเสนอต่อผู้ใช้ระบบ

5. ติดตั้งใช้งาน และบำรุงรักษา (Operation and Maintenance) ขั้นตอนนี้มักเป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานมากที่สุด เมื่อระบบถูกนำมาติดตั้งและใช้งานจริงแล้ว การบำรุงรักษาที่มักปรากฏ คือ การแก้ไขข้อผิดพลาดที่ไม่อาจเคยคาดคิดมาก่อนใช้ช่วงพัฒนาระบบหรืออาจเป็นการปรับแต่งระบบให้สวยงามมีประสิทธิภาพในการทำงานดียิ่งขึ้น ขั้นตอนนี้มักเป็นกระบวนการย้อนกลับไปพิจารณาปรับแต่งแก้ไขสิ่งที่ได้กำหนดไว้ 4 ขั้นตอนที่ผ่านมาแล้วที่เห็นเหมาะสมในภายหลังให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

2.6 การประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพ

2.6.1 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจากพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551 : 135-160) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของคน สัตว์หรือสิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ผู้วัดต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.6.1.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งฉบับจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดโดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่ำ นักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ไม่ได้ถูกวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จาการวัดครั้งนั้น ๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริง ๆ ไม่ได้และเมื่อนำผลการวัดครั้งนั้น ๆ ไปประเมินผล ผลการประเมินครั้งนั้น ๆ ขาดความเชื่อถือตามไปด้วยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหาหรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวดหรือหน่วยย่อย ๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่วัดกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัดหรือไม่ วิธีนี้เป็นการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน เป็นผู้พิจารณาให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้

-1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

+1 เมื่อแน่ใจว่า ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรวิเนลลี และแฮมเบลตัน ดังนี้ (Rowinelli and Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2548 : 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad \textbf{(2.44)}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้

2) ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2.6.1.2 ความยากง่าย

ความยากง่าย เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้น มีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบนั้นยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นมีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากง่ายหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบบอิงกลุ่ม วิธีที่นิยมกันมากวิธีหนึ่ง คือ การใช้เทคนิค 27% ซึ่งมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้

1. นำข้อสอบไปสอบ ตรวจให้คะแนนและเรียงกระดาษคำตอบตามลำดับจากคะแนนมากไปน้อย

2. แบ่งกระดาษคำตอบเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเรียกว่ากลุ่มสูง (P_H) โดยนับจากคะแนนสูงลงมาประมาณ 27% ของกระดาษคำตอบทั้งหมด และกลุ่มหลังเรียกว่ากลุ่มต่ำ (P_L) โดยนับจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไปประมาณ 27% ของกระดาษคำตอบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เทคนิค 27% สำหรับคัดเลือกกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำนี้ ใช้กรณีที่กลุ่มตัวอย่างหรือผู้สอบมีจำนวนมาก และคะแนนมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) แต่ถ้าคะแนนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ควรใช้เทคนิค 35%

3. หาจำนวนคนที่ตอบถูกของแต่ละข้อในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

4. หาค่าความยากง่าย (P) ของแต่ละข้อ โดยรวมจำนวนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำแล้วหารด้วยจำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n} \quad \textbf{(2.45)}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่าน

ค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบทีมีความยากพอเหมาะควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.02-0.08 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$0.80 < P \leq 1.00$ แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

$0.60 < P \leq 0.80$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

$0.40 < P \leq 0.60$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

$0.20 < P \leq 0.40$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

$0.00 < P \leq 0.02$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.6.1.3 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้ ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นมีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad \textbf{(2.46)}$$

เมื่อ r แทน ค่าความจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.12 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่น ๆ มีความหมายดังนี้

$0.40 < r \leq 1.00$ แสดงว่า จำแนกได้ดีเป็นข้อสอบที่ดี

$0.30 < r \leq 0.39$ แสดงว่า จำแนกได้เป็นข้อสอบที่ดีพอสมควรอาจต้องปรับปรุงบ้าง

$0.20 < r \leq 0.29$ แสดงว่า จำแนกพอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุง

$-1.00 < r \leq 0.19$ แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อสอบนั้นจำแนกกลับ แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.6.1.4 การคำนวณค่าหาความเชื่อมั่นโดยวิธีของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่นแบบ Kudor-Richardson 20 (KR20) เป็นการอาศัยค่าความยากง่ายในแต่ละข้อ โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543)

1. การตรวจให้คะแนนแต่ละข้อให้ 1 คะแนนเมื่อตอบถูกและให้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิด

2. ข้อสอบในแบบทดสอบจะต้องมีลักษณะเป็นเอกพันธ์ คือ วัดคุณลักษณะเดียวกัน

สำหรับสูตร KR20 มีสูตรดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right] \qquad \textbf{(2.47)}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum pq$ แทน ผลรวม

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.70 – 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.40 – 0.60 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.30 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าความเที่ยงแบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน เป็นการหาความสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบที่ใช้การสอบเพียงครั้งเดียว และใช้กับข้อสอบชุดเดียว ความสอดคล้องกันระหว่างข้อนี้ได้รับอิทธิพลจากความแปรปรวนคลาดเคลื่อน 2 แหล่ง คือ

1. เนื้อหาที่สุ่ม

2. ความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) ของพฤติกรรมที่สุ่ม ยิ่งข้อสอบมีความเอกพันธ์มากความสอดคล้องระหว่างข้อก็ยิ่งสูง

สูตร KR20 นี้ เหมาะที่จะหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบความสามารถ (Power test) เท่านั้น ไม่เหมาะที่จะหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบความเร็ว (Speed test) เพราะค่า p และ q ของแต่ละข้อจะต้องเป็นค่าที่ได้จากการที่ผู้สอบทุกคนมีโอกาสทำข้อนั้นแล้ว ซึ่งในแบบสอบความเร็วผู้สอบมีโอกาสทำไม่ครบจนถึงสุดท้าย

2.6.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ ได้จากสูตร ต่อไปนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556)

สูตรที่ 1 $$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \qquad \textbf{(2.48)}$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

N แทน จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 $$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \qquad \textbf{(2.49)}$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียนทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

B แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติ ทุกชิ้นรวมกัน

N แทน จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความพึงพอใจ

2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคลากรมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม โดยการวัดความคิดเห็นของบุคคลเหล่านั้น และการแสดงความคิดเห็นนั้นจะต้องตรงกับความรู้สึกที่แท้จริงจึงสามารถวัดความพึงพอใจนั้นได้ โดยคำว่าความพึงพอใจมีผู้ให้ความหมายไว้หลากหลายดังนี้

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542) กล่าวว่า 1) ความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่าง ๆ 2) ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่าง ๆ 3) ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดีและสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจและได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่หวังไว้

วัฒนา เพ็ชรวงศ์ (2542) ได้ให้ความหมายว่า ความพึงพอใจ เป็นความรู้สึก หรือทัศนคติทางด้านบวกของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการให้แก่บุคคลนั้นได้ แต่ทั้งนี้ความพึงพอใจของแต่ละบุคคล ย่อมมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับค่านิยม และ ประสบการณ์ที่ได้รับ

จากการศึกษาความหมายความพึงพอใจ และทัศนะว่าความพึงพอใจเป็นความรู้สึกสองแบบของมนุษย์ คือ ความรู้สึกในทางบวกและความรู้สึกในทางลบ ความรู้สึกทางบวกเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความสุข ความรู้สึกทางลบเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นแล้วจะทำให้เกิดความทุกข์หรือความไม่พอใจ โดยแต่ละบุคคลจะมีทัศนคติความพึงพอใจในแต่ละเรื่องไม่เหมือนกัน เนื่องจากหลายสาเหตุ

2.7.2 การวัดความพึงพอใจ

การประเมินความแตกต่างระหว่างสิ่งที่คาดหวังกับสิ่งที่ได้รับจริงดังนั้นการวัดความพึงพอใจจึงเป็นการวัดทัศนคติ หรือความรู้สึกของบุคคล ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

2.7.2.1 แบบสอบถาม

ชุดของข้อคำถามที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อคำถาม สำหรับให้ผู้ตอบตอบโดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด ข้อมูลที่วัดโดยใช้แบบสอบถามมีได้หลายประการทั้งข้อเท็จจริง ความรู้ ความคิดเห็น และการปฏิบัติ (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) โดยกลุ่มตัวอย่างกรอบความคิดเห็นของตนในแบบสอบถามที่ผู้วิจัยออกแบบเพื่อวัดความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ การวัดความพึงพอใจแบบนี้ คุณภาพของข้อมูลที่ได้จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของแบบสอบถาม ผู้วิจัยต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบสอบถาม เพื่อให้ข้อมูลที่ได้ถูกต้อง ครบถ้วนและตรงวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.2 การสัมภาษณ์

วิธีการสนทนาที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย การสัมภาษณ์มีจุดมุ่งหมายทำนองเดียวกันกับการใช้แบบสอบถาม จึงมีผู้เรียกการสัมภาษณ์ว่าเป็นแบบสอบถามปากเปล่า (Oral questionnaire) แต่มีความแตกต่างกันตรงวิธีการ กล่าวคือ การสัมภาษณ์ ผู้สัมภาษณ์หรือผู้ถามเป็นฝ่ายซักถามโดยการพูด ผู้ให้สัมภาษณ์หรือผู้ตอบก็ตอบโดยการพูด แล้วผู้สัมภาษณ์เป็นฝ่ายบันทึกคำตอบ ส่วนการใช้แบบสอบถาม ผู้ตอบโดยการเขียนตอบลงในแบบสอบถาม การสัมภาษณ์จะได้ข้อมูลที่ดีหรือไม่เพียงใดขึ้นอยู่กับผู้สัมภาษณ์เป็นสำคัญในการสัมภาษณ์บางกรณีมีการใช้แบบสัมภาษณ์ช่วยเป็นแนวทางสำหรับผู้สัมภาษณ์ (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) ซึ่งเป็นการวัดความพึงพอใจทางตรง โดยผู้วิจัยจะทำการสัมภาษณ์และพูดคุยกับกลุ่มตัวอย่างโดยตรง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเทคนิคและวิธีการที่ดีจึงจะได้ข้อมูลที่เป็นจริง

2.7.2.3 การสังเกต

วิธีการอย่างหนึ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยการใช้ประสาทสัมผัสของผู้สังเกต แล้วผู้สังเกตเป็นฝ่ายบันทึกสิ่งที่สังเกตได้ วิธีการสังเกตเหมาะสำหรับการศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมต่าง ๆ เช่น พฤติกรรมการเรียนการสอน (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553) การสังเกตนั้นเป็นวิธีการวัดความพึงพอใจอีกวิธีหนึ่งโดยการสังเกตพฤติกรรมของบุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการพูดจา กริยา ท่าทาง การวัดความพึงพอใจแบบนี้ต้องอาศัยเวลาค่อนข้างมากและต้องอาศัยการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

โดยการวิจัยในครั้งนี้จะใช้วิธีแบบสอบถามในการวัดความพึงพอใจของนักศึกษา

2.7.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ศึกษาเนื้อหาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจที่

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับของ Likert

ระดับความคิดเห็น

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

การแปลผลระดับความคิดเห็นของ Likert

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

3. นำแบบประเมินความพึงพอใจไปหาคุณภาพดังนี้

(1) ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ ของแบบประเมินความพึงพอใจ โดยนำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิหรือผู้เชี่ยวชาญประเมิน

(2) นำแบบประเมินความพึงพอใจ มาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

ซึ่งนักวิชาการที่ศึกษาเรื่องความพึงพอใจส่วนใหญ่จะใช้วิธีการวัดโดยใช้แบบสอบถาม โดยนำรูปแบบของแบบสอบถามมาจากแบบสอบถามที่มีผู้พัฒนาขึ้นมาเพื่อรวบรวมข้อมูลในการวัดความพึงพอใจที่ได้รับความนิยมและน่าเชื่อถือ ส่วนในงานวิจัยเรื่องชุดปฏิบัติการโปรแกรมแลปวิวและการประยุกต์ ผู้วิจัยได้ใช้มาตรการวัดเจตคติของลิเคิร์ต (Likert scale) ซึ่งเป็นค่ามาตรวัด 5 มาตร มาใช้ในการประเมินความพึงพอใจ

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัยโดยมีรายละเอียดดังนี้

ศรัณย์ ชูคดี (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและ วิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น โดยใช้วงจรช่องแคบ (Iris) ที่วางตัวในท่อนำคลื่นลักษณะต่างกัน ทำให้ความสมมูลทางไฟฟ้าเทียบได้กับตัวเหนี่ยวนำ (Inductive Iris) ตัวเก็บประจุ (Capacitive Iris) ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อขนานกัน (Resonant Iris)การวิเคราะห์จะใช้หลักการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าร่วมกับวิธีการคำนวณแบบวนรอบ (Wave IterativeMethod) ซึ่งจะคำนวณหาค่าขนาดของคลื่นบนพื้นที่พิกเซลของวงจรช่องแคบ และโดเมนทางความถี่หรือโหมดที่แพร่กระจายในอากาศ โดยใช้รูปแบบของการแปลงสภาพของโหมด-พิกเซลอย่างเร็ว (Fast Mode-PixelTransform) ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมจำลองเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาและวิเคราะห์เรียกว่าโปรแกรมWCD V. 1.03 (Waveguide Circuit Design Version1.03) ที่แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วยส่วนรับข้อมูล ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล โครงสร้างของโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างเมนูที่ทำงานภายใต้ฟังก์ชัน GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม MATLAB® จากนั้นได้ทำการทดสอบผลการทำงานของโปรแกรมจำลองที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับโปรแกรมจำลองที่มีใช้งานในเชิงพาณิชย์ CST MicrowaveStudio® พบว่าการวิเคราะห์ค่าผลของการตอบสนองทางความถี่ที่ได้จากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำลองทั้งสองมีความสอดคล้องกัน และโปรแกรม WCD สามารถแสดงขนาดและรูปร่างของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในวงจรช่องแคบได้อย่างถูกต้อง

สนธยา วันชัย (2555 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพัฒนาการผู้เรียนด้วยการใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์และเพื่อประเมินความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ โปรแกรมจำลองการทำงานไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยโปรแกรม Z80 Simulator IDE คู่มือการใช้งานและใบงานการเขียนโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์ แบบประเมินผู้เรียน ประกอบด้วยการประเมินก่อนและหลัง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 2 จำนวน 13 คน และวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียนโดยคำนวณค่าร้อยละ ผลการวิจัยได้ดังนี้ ผลการใช้โปรแกรมจำลองการทำงานในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อพัฒนาผู้เรียน ผลพัฒนาการเรียนของผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงานมีพัฒนาการที่สูงขึ้น 11 คน ผลพัฒนาการสูงขึ้นร้อยละ 13.03 ผู้ที่มีพัฒนาการน้อยลงจำนวน 1 คนและไม่มีพัฒนาการจำนวน 1 คน ผลพัฒนาการคิดเป็นร้อยละ 7.7 ผลการวัดความพึงพอใจผู้เรียนที่ใช้โปรแกรมจำลองในการสอนวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ ทั้ง 3 ด้าน โดยด้านที่ 1 ด้านการใช้โปรแกรมจำลอง ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.49 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง ด้านที่ 2 ด้านคู่มือการใช้งาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.67 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง และด้านที่ 3 ใบงาน ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.92 ความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง สรุปการใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน ช่วยให้ผู้เรียนที่มีคะแนนน้อยมีคะแนนเพิ่มขึ้นอันเนื่องจากการได้ทดลองเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ ทำให้เข้าใจและปฏิบัติใบงานได้

พงศ์ระพี แก้วไทรฮะ (2554 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาโปรแกรมห้องปฏิบัติการจำลองเพื่อใช้สอนการเขียนโปรแกรมซีเอ็น ซี ในรายวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมห้องปฏิบัติการจำลอง (Virtual Lab) มาใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาที่เรียนกับการนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีทาง อุตสาหกรรม โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสร้างด้วยภาษาจาวา (Java) มีขนาดเล็กใช้งานง่าย มีประสิทธิภาพในการแสดงผลลัพธ์เป็นภาพกราฟิกสองมิติจากรหัสควบคุม (G-Code) ที่ป้อนโดยผู้ใช้ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนอกจากจะสามารถตรวจสอบความถูกต้องของรหัสควบคุมแล้วยังช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในเชิง สร้างสรรค์ อีกทั้งยังมีค่าใช้จ่ายไม่มากเมื่อเทียบกับโปรแกรมจำลองการทำงาน(Simulator) หรือเครื่องจักรจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อลงกรณ์ พรมที และ พินิจ เนื่องภิรมย์ (2557 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงตัวนำโดยวิธีของโมเมนต์ รูปแบบของการวิเคราะห์จะอาศัยทฤษฎีของโมเมนต์ (Moments Theory) ที่ทำงานภายใต้ฟังก์ชันการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ทางกราฟิก (GUI) ของโปรแกรม MATLAB® ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดพื้นที่ของแผ่นและโพรงตัวนำตลอดจนจำนวนโมดของคลื่นที่แพร่กระจายได้ โดยการจำลองจะแสดงให้เห็นรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นตัวนำ ขนาดของคลื่นในโดเมนของสเปคตรัมได้ ผลของการวิเคราะห์การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับผลทางทฤษฎี ทั้งนี้จากการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน พบว่าความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่า S.D.เท่ากับ0.78) ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงตัวนำสามารถใช้เป็นสื่อการสอนสำหรับวิชาคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและวงจรความถี่สูงได้

สมมารถ ขำเกลี้ยง (2558 : บทคัดย่อ)ได้วิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองแบบแผนสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามขวางในท่อนำคลื่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้จียูไอของแมทแลป การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมจำลองแบบแผนสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าตามขวางในท่อนำคลื่นรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียกว่าWGDPTETM รูปแบบของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำงานด้วยโปรแกรมแมทแลปในฟังก์ชั่นจียูไอ (GUI) มี ความสามารถดังนี้1) แสดงค่าของอิมพีแดนซ์ในโหมด TE และโหมด TM ที่เปลี่ยนแปลงตามความถี่2) จำลองแบบแผน สนามแม่เหล็กตามขวางในท่อนำคลื่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ 3) จำลองแบบแผนสนามไฟฟ้าตามขวางในท่อนำคลื่นรูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า ผลการวิจัยพบว่าผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้องตรงตามผลทางทฤษฎีและผลการประเมินของผู้ใช้งาน จำนวน 5 คน มีค่าความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

เพื่อชาติ สุขเรือน (2560) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการเรียนรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 ผลการวิจัยพบว่าชุดการเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 97.08/95.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 กับกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองเพียงอย่างเดียว ปรากฏว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าอย่างมีนัยสาคัญที่ระดับนัยสาคัญ 0.05 ทั้งจากการทาใบทดสอบและแบบทดสอบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

สิริกุล บุญเรืองศักดิ์ (2562 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาโปรแกรมจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลปที่มีคุณภาพ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาโดยการสอนที่ใช้โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป และการสอนแบบปกติ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปี 2 สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสาร ปีการศึกษา 2561จำนวน 40 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก ได้กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ จากผลวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$=4.47,S.D.=0.52) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$=4.56,S.D.=0.48) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และระดับคะแนนความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.42,S.D.=0.63)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อการพัฒนา หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 3/2563 จำนวน 91 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 3/2563 เลือกแบบอาสาสมัคร จำนวน 16 คน เป็นผู้สนใจในเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

1. โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ประกอบด้วยโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า คู่มือการใช้งาน และใบงานจำนวน 4 ใบงาน
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า
3. แบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือดังนี้

3.3.1 วิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ดังนั้นผู้วิจัยเลือกเนื้อหาสำหรับการวิจัยครั้งนี้ ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การติดตั้งโปรแกรม และกฎของคูลอมบ์
2. ความเข้มสนามไฟฟ้า
3. สนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น
4. สนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น

3.3.2 การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อนำไปสร้างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ดังรายละเอียด ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เนื้อหา	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
1. การติดตั้งโปรแกรม และกฎของคูลอมบ์	1. บอกส่วนประกอบของโปรแกรมจำลองย่อยได้ 2. อธิบายการทำงานของโปรแกรมจำลองได้ 3. วิเคราะห์หาแรงที่เกิดขึ้นจากประจุไฟฟ้าได้
2. ความเข้มสนามไฟฟ้า	1. บอกส่วนประกอบของโปรแกรมจำลองย่อยได้ 2. วิเคราะห์หาความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากประจุไฟฟ้าได้
3. สนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้น	1. บอกส่วนประกอบของโปรแกรมจำลองย่อยได้ 2. วิเคราะห์หาสนามไฟฟ้าของประจุแบบเส้นได้
4. สนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่น	1. บอกส่วนประกอบของโปรแกรมจำลองย่อยได้ 2. วิเคราะห์หาสนามไฟฟ้าของประจุแบบแผ่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การสร้างใบงาน

การสร้างใบงาน ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างให้ตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากตำราเอกสารต่าง ๆ

2. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาใบงาน ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

3. ออกแบบและสร้างใบงาน โดยมีส่วนประกอบของใบงาน คือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โปรแกรมจำลอง เนื้อหาทฤษฎี ลำดับขั้นตอนการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

4. นำเสนอใบงานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำใบงานเสนอผู้ทรงคุณวุฒิ ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน แล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

(1) ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) ผศ.ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(3) ผศ.ดร.อมรชัย ชัยชนะ
ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในด้านเนื้อหา จะต้องได้เกณฑ์ $\bar{X} \geq 3.5$ ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าผลที่ได้ปรากฏว่าด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.06 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.90 (รายละเอียดแสงในภาคผนวก ค. ตารางที่ ค.1)

1. ขยายกรอบเมนูให้ใหญ่ขึ้น เนื่องจากข้อความโดนทับมองไม่เห็น

2. หน้าแรกของโปรแกรมควรมีชื่อโปรแกรมที่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แก้ไขคำผิดของใบงานคำว่าส่วนประกอบ

4. แก้ไขเฉลยข้อ 8

5. ควรมีคำอธิบาย keyword ของแต่ละใบงาน

6. ควรอธิบายว่าวิเคราะห์อย่างไรจะได้ค่าต่าง ๆ

7. แก้ไขรูปให้ตรงกับโปรแกรมจำลอง

6. ทดลองใช้ใบงานของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 2 จำนวน 19 คน ในภาคการศึกษาที่ 3/2563 ที่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า รหัสวิชา 03376604 ในภาคการศึกษาที่ 1/2563 เพื่อสังเกตข้อบกพร่องขณะที่ใช้งาน จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

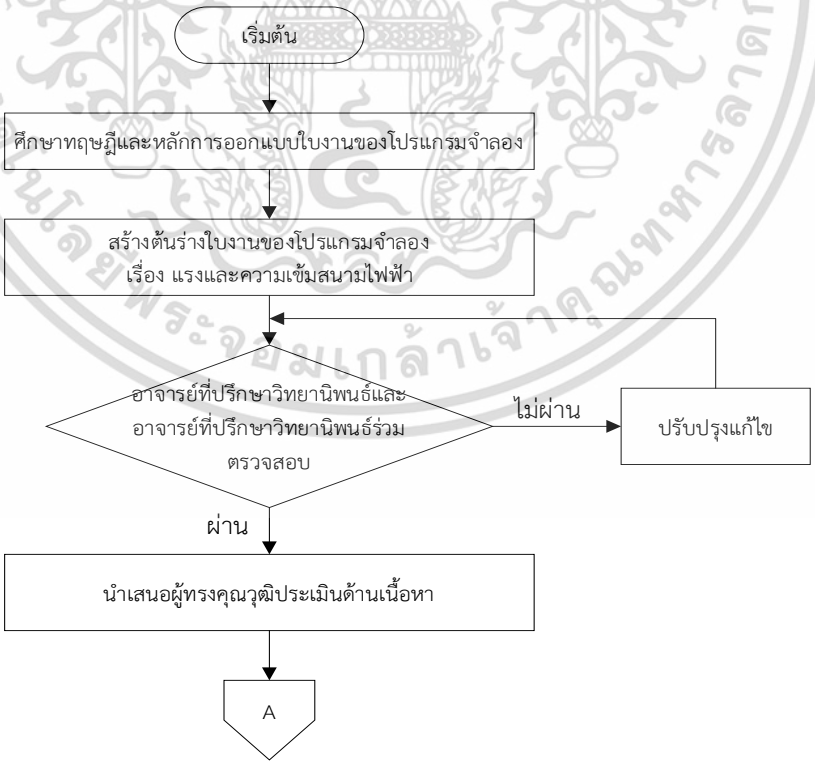
1. แก้ไขคำ keyword ให้ชัดเจนขึ้น

2. แก้ไขคำทับศัพท์

3. แก้ไขคำถามให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

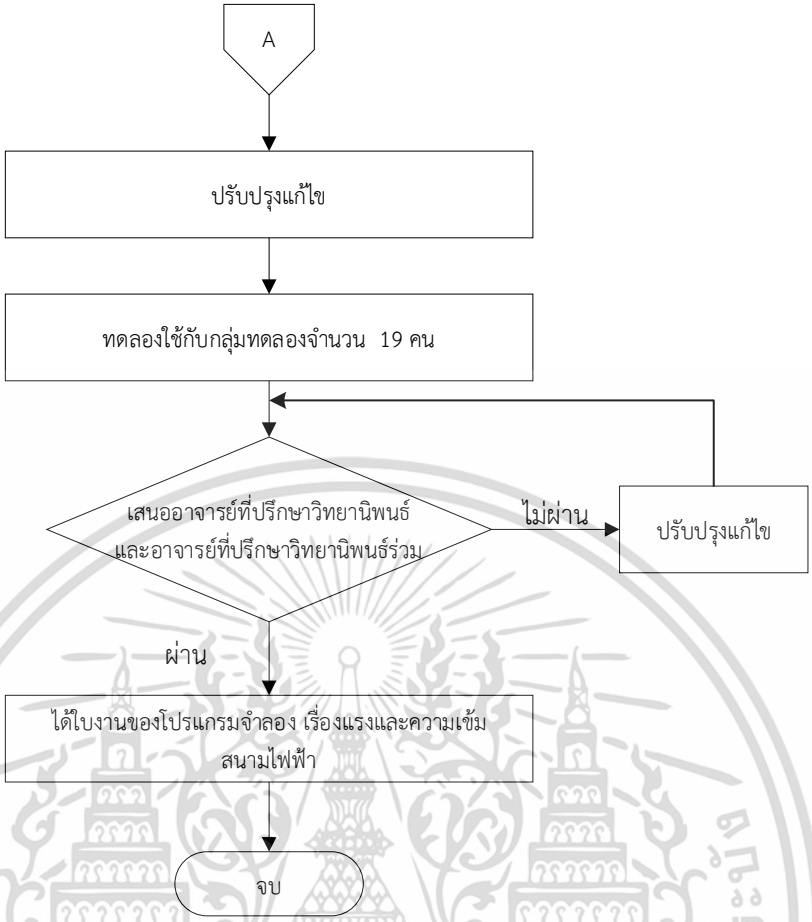
7. นำใบงานเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และความถูกต้อง

8. ได้ใบงานที่พร้อมจะนำไปใช้เพื่อทำการทดลองต่อไป สามารถสรุปลำดับขั้นตอนการสร้างใบงานมีรายละเอียดตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

3.3.4 การสร้างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดวิชาตลอดจนวิธีสร้างโปรแกรมจำลองจากตำราและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2. วิเคราะห์และกำหนดขอบข่ายและสร้างต้นร่างโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการต่างๆ จึงดำเนินการจัดเนื้อหาไว้ในโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

3. ผู้วิจัยได้นำต้นร่างของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข

4. การสร้างโปรแกรมจำลอง โดยดำเนินการตามต้นร่างที่วางไว้ทั้งหมด ตั้งแต่ออกแบบเฟรมเปล่า หน้าจอ การกำหนดสีที่ใช้งานจริง รูปแบบ ขนาดตัวอักษร และสีของตัวอักษร ทดสอบหน่วยย่อยต่าง ๆ เชื่อมโยงโปรแกรมย่อยแต่ละหน่วยและทดสอบระบบของโปรแกรมรวมกันทั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน แล้วนำไปปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ดังรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

(1) ผศ.อำพล ทองระอา

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

(2) ดร.สุนทร ก้องสินธุ

ครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี

(3) นายศุภโชค พานทอง

ครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จะต้องได้เกณฑ์ $\bar{X} \geq 3.5$ ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าผลที่ได้ปรากฏว่าด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 (รายละเอียดแสงในภาคผนวก ค. ตารางที่ ค.2)

1. แก้ไขขนาดรูปที่หน้าโปรแกรม
2. แก้ไขขนาดตัวอักษร

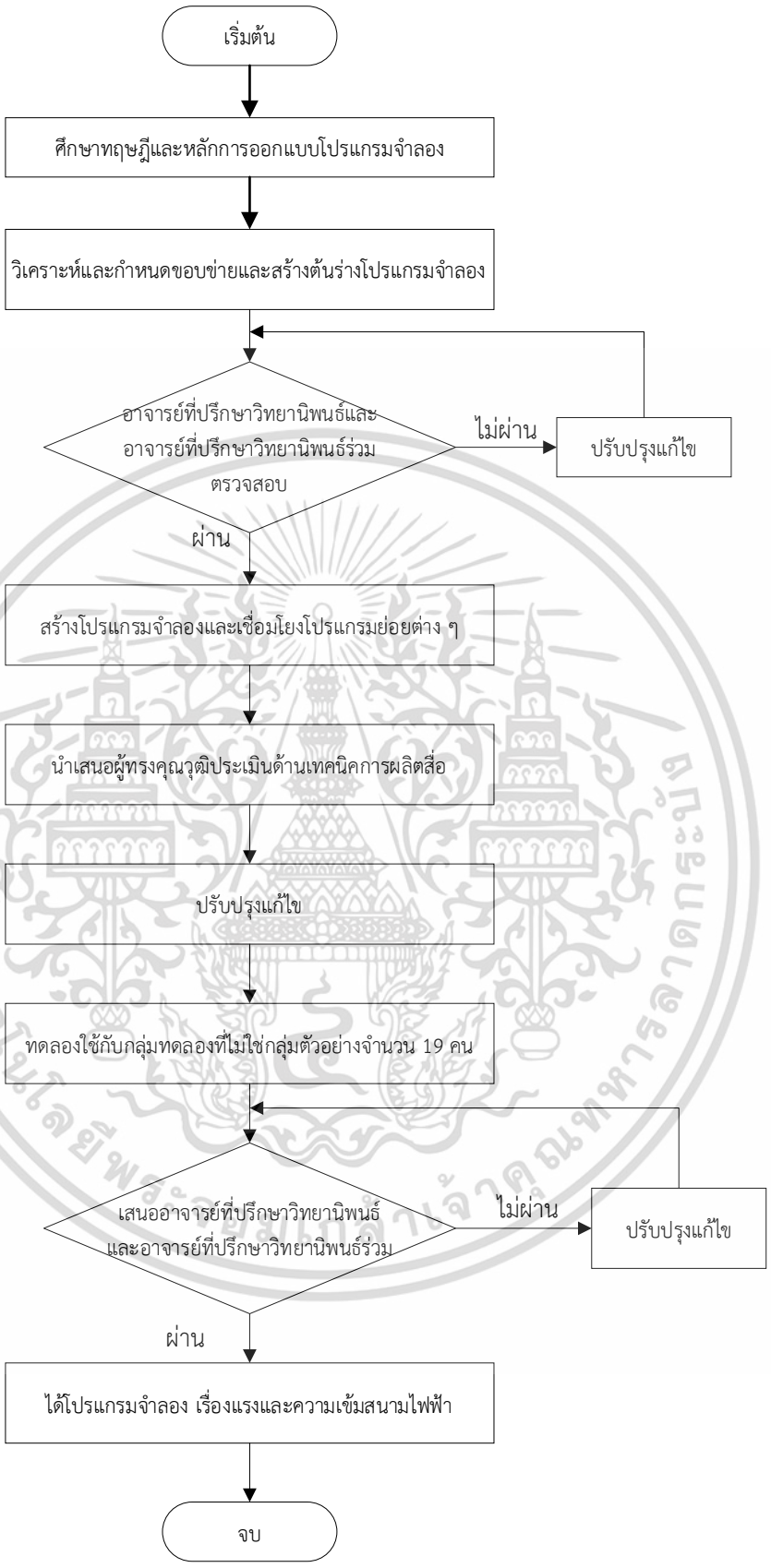
6. ทดลองใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 2 จำนวน 19 คน ในภาคการศึกษาที่ 3/2563 ที่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า รหัสวิชา 03376604 ในภาคการศึกษาที่ 1/2563 เพื่อสังเกตข้อบกพร่องขณะที่ใช้งาน จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

6.1 สังเกตในบางโปรแกรมที่ใช้กลุ่มทดลองอาจจะมีความสับสนในจุดที่โจทย์กำหนดให้และจุดที่โจทย์ต้องการหา

7. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบแล้วทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

8. เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพและแก้ไขเรียบร้อย ได้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้านำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป โดยสรุปเป็นลำดับขั้นการโปรแกรมจำลองตามมีรายละเอียดตามภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างโปรแกรมจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์เนื้อหาและ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา แบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ ซึ่งแบบทดสอบมี 4 ตัวเลือก คำตอบถูกเพียงคำตอบเดียวและคำตอบลวง 3 คำตอบ เกณฑ์การให้คะแนน คือ ข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ จะได้ 0 คะแนน

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบและทำการปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบทดสอบวัดผสสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปหาคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ นำผลการประเมินไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ซึ่งข้อสอบที่ผ่านตามเกณฑ์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.5 ถึง 1.00 มีจำนวน 40 ข้อ

คะแนน +1 สำหรับข้อสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยใช้สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{n} \quad \textbf{(3.1)}$$

IOC หมายถึง ดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

n หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

บันทึกผลพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปใช้เป็นแบบทดสอบได้ จากผลการคำนวณได้ทำการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวน 1 ข้อ และข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 จำนวน 39 ข้อ รวมเป็น 40 ข้อ (รายละเอียดแสงในภาคผนวก ง. ตารางที่ ง.1)

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (หลักสูตร 4 ปี) แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ชั้นปีที่ 2 จำนวน 19 คน ในภาคการศึกษาที่ 3/2563 ที่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า รหัสวิชา 03376604 ในภาคการศึกษาที่ 1/2563 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเดียวกับกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ดังสูตรต่อไปนี้

$$P = \frac{R}{N} \quad \textbf{(3.2)}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย

R แทน จำนวนคนที่ตอบถูก

N แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00	ง่ายเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 - 0.59	ยากปานกลาง (ดีมาก)
0.20 - 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0.00 - 0.19	ยากเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad \textbf{(3.3)}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาอำนาจจำแนก ขอบเขตของค่า r ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ติดลบ	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกกลับ (ใช้ไม่ได้)
0.00 – 0.19	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุง)
0.20 – 0.39	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกปานกลาง (ปานกลาง)
0.40 – 0.59	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง (ดี)
ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง (ดีมาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกได้ข้อสอบ ค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.47-0.59 มีจำนวน 2 ข้อ ค่าระหว่าง 0.63-0.74 มีจำนวน 38 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (D) ระหว่าง 0.11-0.19 มีจำนวน 2 ข้อ 0.32-0.39 มีจำนวน 4 ข้อ 0.42-0.59 มีจำนวน 15 ข้อ และ 0.63-0.74 มีจำนวน 19 ข้อ (รายละเอียดแสงในภาคผนวก ง. ตารางที่ ง.2)

ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าสถิติ นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.78 (รายละเอียดแสงในภาคผนวก ง. ตารางที่ ง.3) โดยใช้ สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right] \quad \textbf{(3.4)}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum pq$ แทน ผลรวม

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

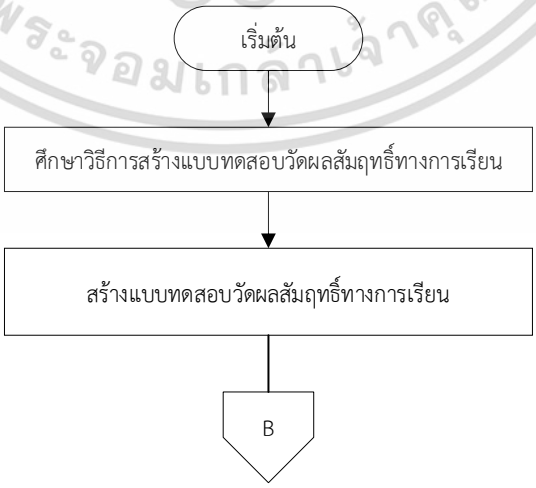
เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

0.70 – 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.40 – 0.60 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

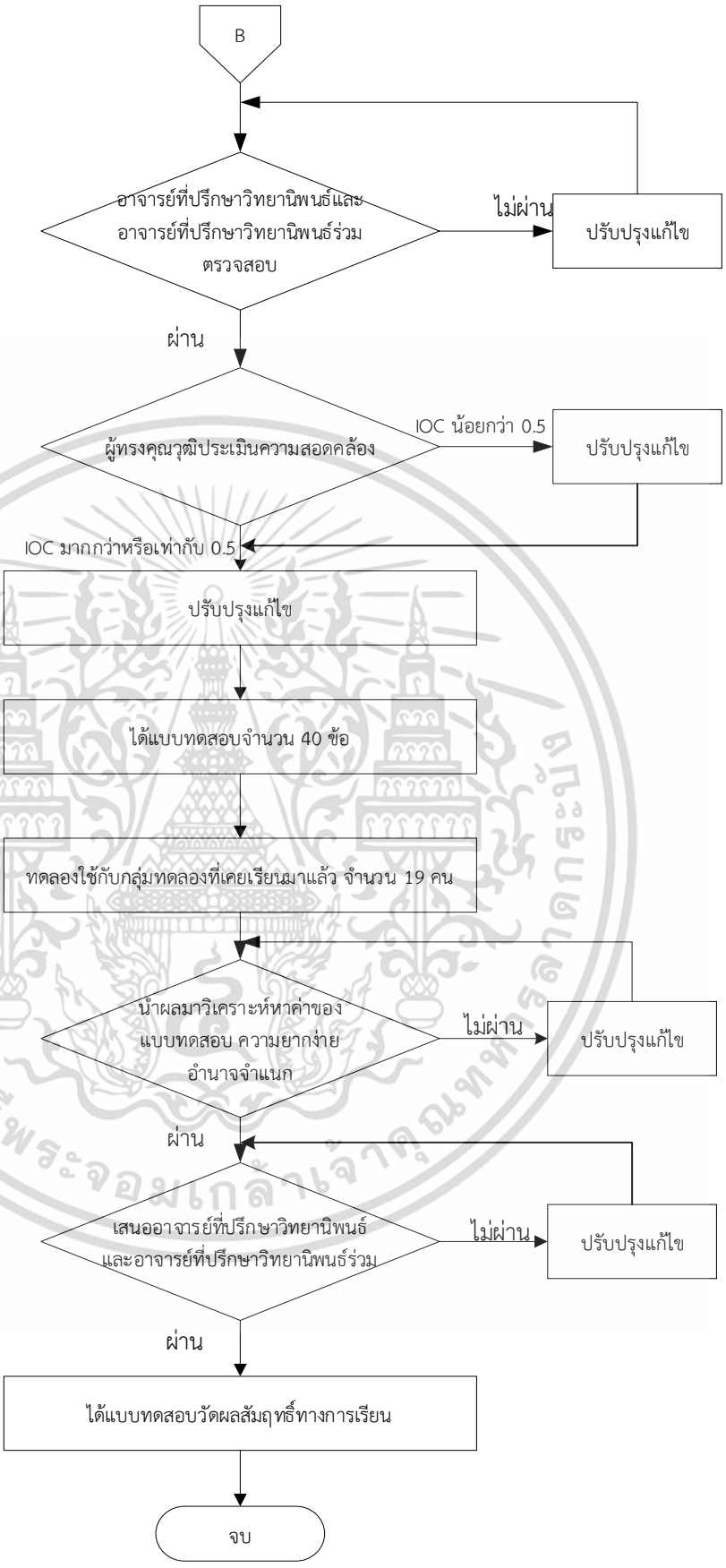
ต่ำกว่า 0.30 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

6) ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สมบูรณ์พร้อมใช้ในการทดลองลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีรายละเอียดตามภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 แบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินคุณภาพ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2535 : 164) โดยแบบประเมินจะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน ซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
ระดับ 4 มีคุณภาพอยู่ในระดับดี
ระดับ 3 มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับ 2 มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้
ระดับ 1 มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

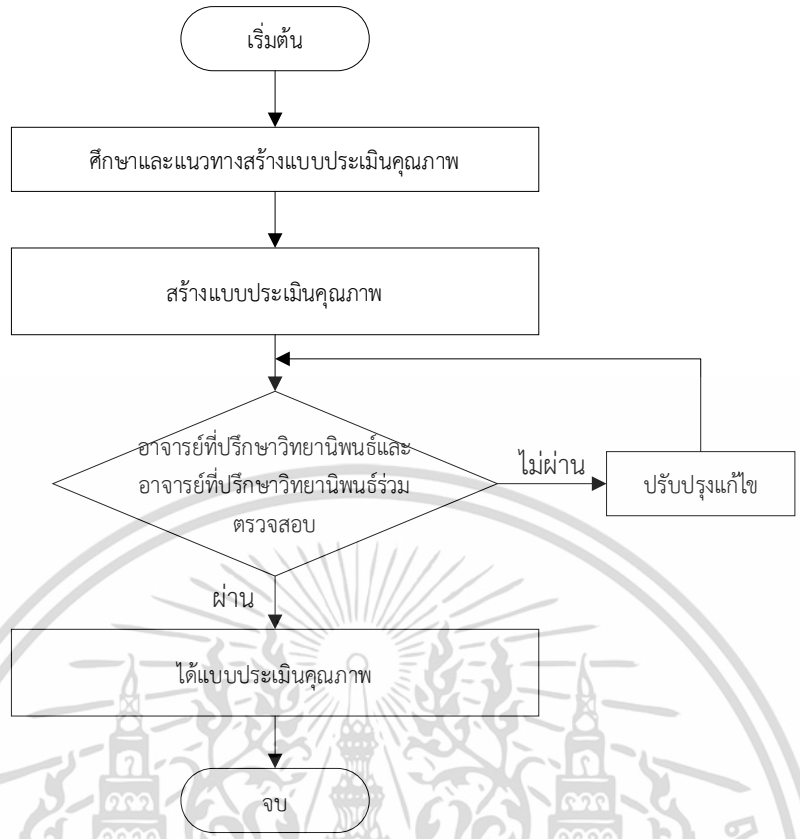
โดยมีเกณฑ์การแปลความหมายของการแสดงความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งนำคะแนนที่ได้จากการตอบแบบประเมินคุณภาพมาคำนวณหาคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) เพื่อประเมินระดับคุณภาพของโปนแกรมจำลองโดยเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคุณภาพของโปรแกรมจำลองตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

4.50 - 5.00 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
3.50 - 4.49 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
2.50 - 3.49 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
1.50 - 2.49 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
1.00 - 1.49 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

3. นำแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ แล้วนำไปปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

4. ได้แบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองเพื่อให้โปรแกรมจำลองมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด มีรายละเอียดตามภาพที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง

3.3.8 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยผู้วิจัยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ระดับของ Likert ในการให้คะแนนมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ 5 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับ 4 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ระดับ 3 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

ระดับ 2 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

ระดับ 1 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2. เกณฑ์การประเมินความพึงพอใจ ของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.50 - 5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

3.50 - 4.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

2.50 – 3.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.49 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

2. นำแบบสอบถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบเพื่อไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

3. นำแบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรม ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน ตรวจสอบเพื่อหาข้อเสนอแนะ และข้อปรับปรุงจำนวน 3 ท่านดังรายนามต่อไปนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบประเมิน

1. รศ.ดร.บุญจันทร์ สีสันต์

ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ผศ.ดร.ทนงศักดิ์ โสวจัสสตากุล

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. รศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

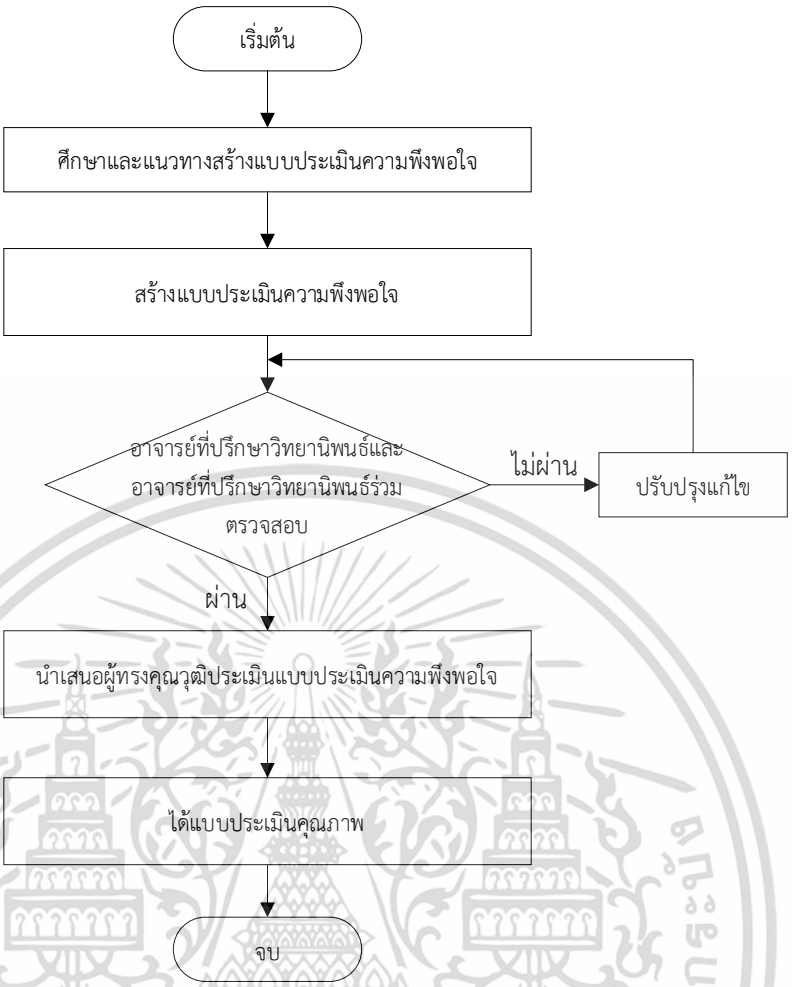
ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1 แก้ไขแบบฟอร์มให้การกรอกประวัติมาก่อนข้อคำถาม

3.2 แก้ไขภาษาในการถามให้เป็นทางการ

4. ได้แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีรายละเอียดตามภาพที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูล รายละเอียดดังนี้

1. ทำหนังสือขออนุญาต และขอความอนุเคราะห์จากงานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อให้นักศึกษาทดลองเครื่องมือทำวิจัย

2. แจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองทางออนไลน์

3. ติดตั้งโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยนัดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 16 คน เพื่อทดลองใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการใช้โปรแกรมจำลอง

4. เมื่อกลุ่มตัวอย่างดำเนินการศึกษาโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน และนำผลคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการเรียนและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองเรื่อง แรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

5. นำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ค่าเฉลี่ยจำต้องอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนด

6. นำแบบสอบถามถามความพึงพอใจ โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ซึ่งมีข้อคำถามในด้านภาพรวมของโปรแกรมและการใช้งาน ให้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 คน ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัย ผู้วิจัยได้ใช้สถิติเข้าช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและเครื่องมือดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามฟ้า

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ในด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์และประมวลค่าทางสถิติด้วยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย

2. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแบบสอบถามความพึงพอใจต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานจำนวน 16 คน ต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์เพื่อประมวลผลค่าทางสถิติ ด้วยการนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของแบบสอบถามความพึงพอใจต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ได้ต้องมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) (จตุภัทร เมฆพายัพ. 2557 : 46-47)

สมการที่ใช้ในการหาค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \textbf{(3.5)}$$

เมื่อ $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

X หมายถึง คะแนน

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

N หมายถึง จำนวนประชากร

2) หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2548 : 79)

$$S.D = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad \textbf{(3.6)}$$

เมื่อ $S.D$ หมายถึง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X หมายถึง คะแนน

N หมายถึง จำนวนประชากร

$\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด

3.6.2 การหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

1. การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551 : 150)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \textbf{(3.7)}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพใช้สูตร E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556 : 7-19)

สูตรที่ 1 $$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} x100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} x100 \qquad \textbf{(3.8)}$$

เมื่อ E_1 คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2 $$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} x100 \text{ หรือ } \frac{\bar{F}}{B} x100 \qquad \textbf{(3.9)}$$

เมื่อ E_2 คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อพัฒนาหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

4.1 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านละ 3 ท่าน แสดงดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น (N=3)**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
4. มีการนำเสนอรูปภาพอย่างเหมาะสม	3.33	0.58	ปานกลาง
5. แบบฝึกหัดเหมาะสม	4.00	1.00	ดี
6. ความถูกต้องของผลการจำลอง	3.00	1.73	ปานกลาง
7. ความเหมาะสมของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น (N=3)**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
8. ความเหมาะสมของภาพ	4.33	0.58	ดี
9. ความชัดเจนในการอธิบายโปรแกรมจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
10.ความเหมาะสมในการจัดลำดับของโปรแกรมจำลอง	4.00	1.00	ดี
11.สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าไปใช้งาน ในการวิเคราะห์กราฟได้จริง	3.33	2.08	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.06**	**0.90**	**ดี**

จากตารางที่ 4.1 พบว่าโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีคุณภาพด้านเนื้อหาโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.06, S.D. = 0.90) โดยรายการที่มีค่าสูงสุด มี 3 รายการ คือ เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา และความชัดเจนในการอธิบายโปรแกรมจำลอง ส่วนรายการที่มีค่าต่ำสุดมี 1 รายการ คือ ความถูกต้องของผลการจำลอง

ตารางที่ 4.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น (N=3)**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. การวางรูปแบบหน้าจอ	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
3. ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ	4.00	0.00	ดี
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความเหมาะสมสีของกราฟวิเคราะห์	4.67	0.58	ดีมาก
7. ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์	4.67	0.58	ดีมาก
8. โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ	4.67	0.58	ดีมาก
9. มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.52**	**0.45**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่าโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า มีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.52 , S.D. = 0.45) โดยรายการที่มีค่าสูงสุด มี 7 รายการ คือ การวางรูปแบบหน้าจอ ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ ความเหมาะสมของสีตัวอักษร ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง ความเหมาะสมสีของกราฟวิเคราะห์ ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์ โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ และมีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลอง ส่วนรายการที่มีค่าต่ำสุด มี 2 รายการ คือ ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร และความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

การทดลองใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ตามเกณฑ์ที่กำหนด (E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80) ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

รายการ	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (คน)	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้เฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน	16	40	32.69	81.72	80
คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	16	40	36.63	91.56	80

จากตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพขอโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เป็นการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 16 คน พบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถทำคะแนนระหว่างเรียนเฉลี่ย 32.69 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน หรือคิดเป็นร้อยละ 81.72 และผลการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยมีผลคะแนนเฉลี่ย 36.63 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.56 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.72/91.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงแลความเข้มสนามไฟฟ้า

ผลการประเมินของความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=16)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
	ด้านเนื้อหา	**4.53**	**0.56**	**มากที่สุด**
1	ความครบถ้วนของการจำลองการสร้างกราฟวิเคราะห์	4.50	0.52	มากที่สุด
2	ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมจำลอง	4.50	0.63	มากที่สุด
3	ความถูกต้องในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ	4.56	0.63	มากที่สุด
4	ความถูกต้องและการแสดงกราฟ	4.56	0.51	มากที่สุด
	ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	**4.43**	**0.61**	**มาก**
5	ความรวดเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ จากโปรแกรมจำลอง	4.56	0.63	มากที่สุด
6	ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า	4.63	0.50	มากที่สุด
7	ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีน้อย	4.31	0.79	มาก
8	ความเหมาะสมของกราฟ	4.38	0.62	มาก
9	รูปแบบแสดงผลของโปรแกรมจำลอง	4.50	0.52	มากที่สุด
10	ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า	4.19	0.54	มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=16)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
11	การนำโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าไปใช้งานได้จริง	4.50	0.63	มากที่สุด
	รวม	**4.47**	**0.59**	**มาก**

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยรวมจัดอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.47, S.D. = 0.59) แบ่งเป็น 2 ด้าน ได้แก่ ด้านเนื้อหา โดยระดับความพึงพอใจด้านเนื้อหา ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.56) จัดอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ($\bar{X}$ = 4.43, S.D. = 0.61) จัดอยู่ในระดับมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ด้านคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ ด้านละ 3 ท่าน ซึ่งผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองด้านมีคุณภาพด้านเนื้อหาโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.90) และมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.52 , S.D. = 0.45) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า หรือ E_1/E_2 เท่ากับ สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.72/91.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

3. ผลการประเมินหาความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าพบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.47, S.D. = 0.59) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 การอภิปรายผลวิจัย

จากการศึกษาวิจัยโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าสามารถแบ่งหัวข้อการอภิปรายผลและสรุปผลได้ ดังนี้

1. ด้านคุณภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ

คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.06, S.D. = 0.90) โดยมีรายการย่อยที่อยู่ในระดับคุณภาพดีมาก 3 รายการ เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาที่มีความจำเป็นในการเริ่มเรียนรู้และสามารถประยุกต์ใช้งานที่ไม่ซับซ้อนได้ ให้ความสำคัญของขนาดและความคมชัดของรูปภาพในใบงาน เพราะเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมเข้าใจถึงวิธีใช้โปรแกรมได้มากกว่าการอ่านตัวหนังสือ โดยก่อนที่ผู้วิจัยจะแทรกรูปลงในใบงาน ต้องปรับแนวหรือขอบของหน้ากระดาษให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้รูปภาพผิดเพี้ยนจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทรกภาพและการบีบขนาดของรูปภาพ และมีการแจ้งวัตถุประสงค์ของแต่ละใบงานอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม ในรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ความถูกต้องของผลการจำลอง เนื่องจากผู้วิจัยไม่ได้เขียนคำอธิบายและไม่ได้ป้องกันการกรอกข้อมูลผิด คือ ไม่ให้กรอกตัวอักษรและไม่ได้กำหนดค่าสูงต่ำเกี่ยวกับการใช้งานของโปรแกรมอย่างละเอียด เป็นต้น จึงทำให้ผู้ใช้งานของโปรแกรมนั้นมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในการหาพารามิเตอร์จากโปรแกรมจำลอง และภาพที่ได้จำลองออกมาของโปรแกรม จึงทำให้ได้ค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.52 , S.D. = 0.45) โดยมีรายการย่อยที่อยู่ในระดับดีมาก 7 รายการ เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบการวางรูปแบบหน้าจอที่ง่ายต่อการใช้งาน มีการใช้ขนาดและสีของตัวอักษร สีพื้นหลัง และสีของกราฟวิเคราะห์ ได้ตามหลักการของสื่อ และ โปรแกรมจำลองเน้นออกแบบให้มีลักษณะจูงใจน่าสนใจต่อผู้เรียนมากที่สุด และเน้นการสร้างความสะดวก ความคล่องตัว และขั้นตอนการใช้งานที่ง่ายในการใช้โปรแกรมจำลอง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง โปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป ซึ่งสิริกุล บุญเรืองศักดิ์ (2562) ได้วิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป จากผลวิจัยพบว่าโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป ประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ =4.47,S.D.=0.52) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ =4.56,S.D.=0.48) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน เรื่อง วงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลปมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่จัดการเรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และระดับคะแนนความพึงพอใจของนักศึกษาอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ =4.42,S.D.=0.63)

2. ด้านประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าพบว่าผลของการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและผลของการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.72/91.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และที่ค่า E_2 มากกว่าค่าของ E_1 นั้น เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างได้เกิดความรู้และความเข้าใจอย่างบูรณาการมากขึ้นจากการเรียนครบทุกหน่วย และได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนทันที ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการเรียนรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 ซึ่งเพื่อชาติ สุขเรือน (2560) ได้ทำงานวิจัยเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการเรียนรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 ผลการวิจัยพบว่าชุดการเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 97.08/95.63 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 กับกลุ่มที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองเพียงอย่างเดียว ปรากฏว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นร่วมกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งจากการทำใบทดสอบและแบบทดสอบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัย

3. ด้านความพึงพอใจของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าผู้วิจัยออกแบบประเมินความพึงพอใจโดยใช้มาตรวัด 5 ระดับของ Likert พบว่าโดยรวมผู้ใช้งานมีระดับความพึงพอใจทั้งหมดจัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.47, S.D.= 0.59) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, S.D. = 0.56) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ($\overline{X}$ = 4.43, S.D. = 0.61) จัดอยู่ในระดับมาก เนื่องจากเนื้อหาในใบงานการทดลองได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ โดยแบ่งเนื้อหาเป็นใบงาน ซึ่งทำให้มีปริมาณเนื้อหาที่เหมาะสมต่อระยะเวลาในการทดลองและระดับความรู้ของนักศึกษา ทั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างโปรแกรมจำลองซึ่งมีการออกแบบร่างและสีสนของโปรแกรมจำลองให้มีความน่าสนใจ ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อนทำให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ นักศึกษาจึงสามารถนำโปรแกรมจำลองไปต่อยอดในการเรียนในเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับวิจัยของอลงกรณ์ พรมที และ พินิจ เนื่องภิรมย์ (2557) ได้ทำการวิจัยเรื่องโปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงตัวนำโดยวิธีของโมเมนต์ รูปแบบของการวิเคราะห์จะอาศัยทฤษฎีของโมเมนต์ (Moments Theory) ที่ทำงานภายใต้ฟังก์ชันการเชื่อมโยงกับผู้ใช้ทางกราฟิก (GUI) ของโปรแกรม MATLAB® ซึ่งผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดพื้นที่ของแผ่นและโพรงตัวนำ ตลอดจนจำนวนโมดของคลื่นที่แพร่กระจายได้ โดยการจำลองจะแสดงให้เห็นรูปร่างของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณแผ่นตัวนำ ขนาดของคลื่นในโดเมนของสเปคตรัมได้ ผลของการวิเคราะห์การแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องและใกล้เคียงกับผลทางทฤษฎี ทั้งนี้จากการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลองโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน พบว่าความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมจำลองเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.19, S.D. 0.78)

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้วิจัยควรอ่านคู่มือการใช้งานโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้าเพื่อให้มีความสะดวกและคล่องตัวในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

2. ผู้ใช้สามารถนำโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ประกอบศึกษาเพื่อเรียนรู้ควบคู่กับการศึกษาทางทฤษฎีเรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า และวิเคราะห์กราฟและค่าพารามิเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ควรเพิ่มเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้าที่แตกต่างไปจากโปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้น เช่น ความหนาแน่นของเส้นแรงไฟฟ้า กฎของเกาส์ และไดเวอร์เจน เป็นต้น

2. ควรสร้างโปรแกรมจำลองให้ใช้ได้ทั้งระบบ Window และ OS และทำเป็นแอปพลิชันขึ้นมาด้วยเพื่อการใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้านั้นใช้ได้เพียง Window เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กานดา พูนลาภทวี. 2530. สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

กิตติศักดิ์ อินทรอารักษ์. 2555. **คอมพิวเตอร์คืออะไร.** เข้าถึงได้จาก http://www.cyberscout.in.th/view_blog.php.

จรณิต แก้วกังวาน. 2540. **วิศวกรรมซอฟแวร์หลักการออกแบบพัฒนาระบบเชิงวิศวกรรมและองค์ประกอบมนุษย์.** กรุงเทพ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

จารุวรรณ เทวกุล. 2555. “ความพึงพอใจในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ประเภทวิชาพาณิชยกรรม ชั้นปีที่ 1 ชั้นปีที่ 2 และชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยอาชีวศึกษาฉะเชิงเทรา.” ปริญญาศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

จตุภัทร เมฆพายัพ. 2557. **การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ.** ชลบุรี : มหาวิทยาลัยบูรพา.

เจตวัตร สวัสดิ์พาณิชย์. 2562. **ขั้นตอนของวงจรการพัฒนาโปรแกรม**. เข้าถึงได้จาก https://www.rw.ac.th/jetavat/?web=les01.3.

ชะเอิ้น พิศาลวัชรินทร์. 2553. “ความพึงพอใจของนักศึกษามหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ที่มีต่อการให้บริการงานกิจการนักศึกษา.” มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556 . “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดสอน.” **วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย.** 5(1) : 7-19

ฐานุวัฒน์ ภูนิลวาลย์. 2550. “โปรแกรมจำลองสถานการณ์ การออกแบบวงจรกรองความถี่แบบพาสซีฟด้วยโปรแกรม MATLAB.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ตุลยเทพ วรรณสิทธิกุล. 2556. “การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการตัดสินใจและออกแบบขนาดอาคารอยู่อาศัยรวมชนิดห้องพักเรียงแถวเดี่ยว และชนิดเรียงแถวคู่.” วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา. วิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพื่อชาติ สุขเรือน. 2560. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการเรียนรายวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ชุดทดลองร่วมกับโปรแกรมซอฟต์แวร์ Multisim 12.0.” คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

พงศ์ระพี แก้วไทรฮะ. 2554. “การพัฒนาโปรแกรมห้องปฏิบัติการจำลองเพื่อใช้สอนการเขียนโปรแกรมซีเอ็น ซี ในรายวิชาพื้นฐานทางคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์.” เทคโนโลยีอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พิชญา ตัณฑัยย์. 2546. **หลักการทำงานพื้นฐานของระบบการจำลอง.** เข้าถึงได้จาก http://fivedots.coe.psu.ac.th/~pichaya/pdss/pdss02Intro.doc.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2545. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เฮ้าท์ออฟเดอะมิสท์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2543. **เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น จัดพิมพ์.

วัฒนา เพ็ชรวงศ์. 2542. **พฤติกรรมและความพึงพอใจของประชาชนที่มีต่อการใช้บริการ 13**. วิทยานิพนธ์ บธ.ม. กรุงเทพมหานคร. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543. **สื่อการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์. 2551. **วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศักดิ์ ศศิกุลกมล. 2545. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การตรวจซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศรัณย์ ชูคดี. 2555. “การพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับศึกษาและ วิเคราะห์วงจรกรองความถี่ภายในท่อนำคลื่นด้วยวิธีการวนรอบของคลื่น.” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 22(3) : 560.

สิริกุล บุญเรืองศักดิ์. 2563. “โปรแกรมจำลองการทำงานเรื่องวงจรกรองความถี่โดยใช้จียูไอของแมทแลป.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. ครุศาสตร์อุตสาหกรรม. สภาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมมารถ ขำเกลี้ยง. 2558. “โปรแกรมจำลองแบบแผนสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตามขวางในท่อนำคลื่น รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้จียูไอของแมทแลป.” **การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ.** 8 : 31.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง. 2542. **เอกสารการบรรยายกระบวนการวิชา EA 733 การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์**. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยรามคำแหง

สนธยา วันชัย. 2555. “การพัฒนาผู้เรียนในรายวิชาไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยโปรแกรมจำลองการทำงาน.” สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์. เทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

อลงกรณ์ พรมที และ พินิจ เนื่องภิรมย์. 2557. “โปรแกรมจำลองการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในโพรงตัวนำโดยวิธีของโมเมนต์.” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.** 24(2) : 257.

Jones. (2021). **Qt Designer and Python: Build Your GUI Applications Faster.** [Online]. Available : https://dev.to/jones268/qt-designer-and-python-build-your-gui-applications-faster-4bme

Pongkung. (2016). **Python คืออะไร.** [Online]. Available : http://computer2know.blogspot.com/2016/12/python.html

Sarayut Nonsiri. (2019). **ภาษาโปรแกรม Python คืออะไร?**. [Online]. Available : https://www.9experttraining.com/articles/python.

Thos. (2018). **Simulation Software ทางเลือกฉลาด ๆ สำหรับอุตสาหกรรมยุคใหม่.** [Online]. Available : https://www.mmthailand.com/simulation-software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภาคผนวก จ แบบประเมินความพึงพอใจ

ภาคผนวก ฉ ผลการประเมินความพึงพอใจ

ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ภาคผนวก ซ คู่มือการใช้งานและตัวอย่างใบงาน

ภาคผนวก ฌ ภาพการสอนใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านเนื้อหา
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเนื้อหา โปรแกรมจำลอง เรื่อง แรงและสนามเข้มสนามไฟฟ้า มีจุดประสงค์เพื่อการรวบรวมความคิดเห็นคิดของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาเกี่ยวกับการประเมินโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เพื่อนำเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

<u>หมายเหตุ</u>

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นางสาวธารวิมล วงศ์โอษฐ์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านเนื้อหา

โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

.....

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ที่	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
2	ความถูกต้องของเนื้อหา					
3	ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา					
4	มีการนำเสนอรูปภาพอย่างเหมาะสม					
5	แบบฝึกหัดเหมาะสม					
6	ความถูกต้องของผลการจำลอง					
7	ความเหมาะสมของตัวอักษร					
8	ความเหมาะสมของภาพ					
9	ความความชัดเจนในการอธิบายโปรแกรมจำลอง					
10	ความเหมาะสมในการจัดลำดับของโปรแกรมจำลอง					
11	สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก โปรแกรมจำลอง เรื่อง แรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ไปใช้งานในการวิเคราะห์กราฟได้จริง					
รวม						

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

.....

คำชี้แจง

1. แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โปรแกรมจำลอง เรื่อง แรงและสนามเข้มสนามไฟฟ้า มีจุดประสงค์เพื่อการรวบรวมความคิดเห็นคิดของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับการประเมินโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า เพื่อนำเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ สอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินมี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

<u>หมายเหตุ</u>

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย

(นางสาวธารวิมล วงศ์โอษฐ์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

.....

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ที่	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	การวางรูปแบบหน้าจอ					
2	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
3	ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ					
4	ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
5	ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง					
6	ความเหมาะสมสีของกราฟวิเคราะห์					
7	ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์					
8	โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ					
9	มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปแกรมจำลอง					
รวม						

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 คุณภาพด้านเนื้อหาของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น (N=3)**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความถูกต้องของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
3. ความเหมาะสมในการจัดลำดับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
4. มีการนำเสนอรูปภาพอย่างเหมาะสม	3.33	0.58	ปานกลาง
5. แบบฝึกหัดเหมาะสม	4.00	1.00	ดี
6. ความถูกต้องของผลการจำลอง	3.00	1.73	ปานกลาง
7. ความเหมาะสมของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
8. ความเหมาะสมของภาพ	4.33	0.58	ดี
9. ความชัดเจนในการอธิบายโปรแกรมจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
10.ความเหมาะสมในการจัดลำดับของโปรแกรมจำลอง	4.00	1.00	ดี
11.สามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรมจำลอง เรื่อง แรงและความเข้มสนามไฟฟ้าไปใช้งาน ในการวิเคราะห์กราฟได้จริง	3.33	2.08	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.06**	**0.90**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น (N=3)**		
	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1. การวางรูปแบบหน้าจอ	4.67	0.58	ดีมาก
2. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
3. ความเหมาะสมการจัดวางตัวอักษรหรือข้อความในแต่ละกรอบ	4.00	0.00	ดี
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.67	0.58	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของสีพื้นหลัง	4.67	0.58	ดีมาก
6. ความเหมาะสมสีของกราฟวิเคราะห์	4.67	0.58	ดีมาก
7. ความเหมาะสมของความชัดเจนของกราฟการวิเคราะห์	4.67	0.58	ดีมาก
8. โปรแกรมจำลองมีลักษณะจูงใจน่าสนใจ	4.67	0.58	ดีมาก
9. มีความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้โปรแกรมจำลอง	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.52**	**0.45**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง ค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
1	1	1	1	1	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	สอดคล้อง
4	1	1	0	0.666667	สอดคล้อง
5	1	1	1	1	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	สอดคล้อง
10	1	1	1	1	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	สอดคล้อง
13	1	1	1	1	สอดคล้อง
14	1	1	1	1	สอดคล้อง
15	1	1	1	1	สอดคล้อง
16	1	1	1	1	สอดคล้อง
17	1	1	1	1	สอดคล้อง
18	1	1	1	1	สอดคล้อง
19	1	1	1	1	สอดคล้อง
20	1	1	1	1	สอดคล้อง
21	1	1	1	1	สอดคล้อง
22	1	1	1	1	สอดคล้อง
23	1	1	1	1	สอดคล้อง
24	1	1	1	1	สอดคล้อง
25	1	1	1	1	สอดคล้อง
26	1	1	1	1	สอดคล้อง
27	1	1	1	1	สอดคล้อง
28	1	1	1	1	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิคนที่			IOC	ผลการประเมิน
	1	2	3		
29	1	1	1	1	สอดคล้อง
30	1	1	1	1	สอดคล้อง
31	1	1	1	1	สอดคล้อง
32	1	1	1	1	สอดคล้อง
33	1	1	1	1	สอดคล้อง
34	1	1	1	1	สอดคล้อง
35	1	1	1	1	สอดคล้อง
36	1	1	1	1	สอดคล้อง
37	1	1	1	1	สอดคล้อง
38	1	1	1	1	สอดคล้อง
39	1	1	1	1	สอดคล้อง
40	1	1	1	1	สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผลกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา จำนวน 40 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ที่ N = 19

ข้อที่	กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง	ความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่า	ค่า	ผลการประเมิน
	P_H	P_L	P	r	q	pq	
1	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
2	9	5	0.74	0.42	0.26	0.19	ยอมรับ
3	5	4	0.47	0.11	0.53	0.25	ยอมรับ
4	5	4	0.47	0.11	0.53	0.25	ยอมรับ
5	9	6	0.79	0.32	0.21	0.17	ยอมรับ
6	9	5	0.74	0.42	0.26	0.19	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง	ความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่า	ค่า	ผลการประเมิน
	P_H	P_L	P	r	q	pq	
7	9	3	0.63	0.63	0.37	0.23	ยอมรับ
8	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
9	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
10	9	6	0.79	0.32	0.21	0.17	ยอมรับ
11	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
12	9	4	0.68	0.53	0.32	0.22	ยอมรับ
13	10	3	0.68	0.74	0.32	0.22	ยอมรับ
14	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
15	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
16	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
17	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
18	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
19	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
20	9	6	0.79	0.32	0.21	0.17	ยอมรับ
21	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
22	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
23	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
24	9	5	0.74	0.42	0.26	0.19	ยอมรับ
25	10	3	0.68	0.74	0.32	0.22	ยอมรับ
26	10	3	0.68	0.74	0.32	0.22	ยอมรับ
27	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
28	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
29	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มอ่อน	กลุ่มเก่ง	ความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่า	ค่า	ผลการประเมิน
	P_H	P_L	P	r	q	pq	
30	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
31	10	3	0.68	0.74	0.32	0.22	ยอมรับ
32	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
33	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
34	9	5	0.74	0.42	0.26	0.19	ยอมรับ
35	9	5	0.74	0.42	0.26	0.19	ยอมรับ
36	9	6	0.79	0.32	0.21	0.17	ยอมรับ
37	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ
38	10	5	0.79	0.53	0.21	0.17	ยอมรับ
39	10	3	0.68	0.74	0.32	0.22	ยอมรับ
40	10	4	0.74	0.63	0.26	0.19	ยอมรับ

ตารางที่ ง.3 ค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X^2
กลุ่มสูงคนที่ 1	40	1600
กลุ่มสูงคนที่ 2	39	1521
กลุ่มสูงคนที่ 3	39	1521
กลุ่มสูงคนที่ 4	39	1521
กลุ่มสูงคนที่ 5	38	1444
กลุ่มสูงคนที่ 6	38	1444
กลุ่มสูงคนที่ 7	37	1369
กลุ่มสูงคนที่ 8	37	1369
กลุ่มสูงคนที่ 9	36	1296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	X	X^2
กลุ่มสูงคนที่ 10	36	1296
กลุ่มอ่อนคนที่ 1	36	1296
กลุ่มอ่อนคนที่ 2	36	1296
กลุ่มอ่อนคนที่ 3	35	1225
กลุ่มอ่อนคนที่ 4	34	1156
กลุ่มอ่อนคนที่ 5	34	1156
กลุ่มอ่อนคนที่ 6	32	1024
กลุ่มอ่อนคนที่ 7	28	784
กลุ่มอ่อนคนที่ 8	22	484
กลุ่มอ่อนคนที่ 9	19	361
รวม	$\sum x = 655$	$\sum x^2 = 23,163$

จากสูตรค่าความแปรปรวน

$$S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(19\,x23163) - (655)^2}{19(19-1)}$$

$$S_t^2 = 32.37$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR = 20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$r_{tt} = \frac{40}{40-1}\left[1 - \frac{7.68}{32.37}\right]$$

$$r_{tt} = 0.78$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อการวิจัย
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

.....

คำชี้แจงในการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

1. แบบสอบถามความพึงพอใจมีทั้งหมด 2 ตอน ดังนี้

   ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

   ตอนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

   ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

2. ค่าระดับความพึงพอใจในแบบประเมินมี 5 ระดับ ดังนี้

   ระดับ 5 หมายถึง มากที่สุด

   ระดับ 4 หมายถึง มาก

   ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

   ระดับ 2 หมายถึง น้อย

   ระดับ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

แบบสอบถามความพึงพอใจฉบับนี้ สร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาความพึงพอใจต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ในการวิจัยครั้งนี้จะสำเร็จได้ต้องอาศัยความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ ผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณาโปรดสละเวลาตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยให้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนตรงความเป็นจริง ข้อมูลที่ท่านตอบมาจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเพื่อนการวิจัยนี้เท่านั้น ทางผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้ความร่วมมือครั้งนี้

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย
(นางสาวธารวิมล วงศ์โอษฐ์)
นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตร ค.อ.ม.วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อการวิจัย

โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

.....

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

1. เพศ

○ ชาย ○ หญิง

2. อายุ

○ 16-19 ปี ○ 20-24 ปี

○ 25-29 ปี ○ มากกว่า 30 ปีขึ้นไป

3. ท่านมีประสบการณ์การใช้โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ในลักษณะนี้หรือไม่

○ เคย ○ ไม่เคย

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ด้านเนื้อหา	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
1	ความครบถ้วนของการจำลองการสร้างกราฟวิเคราะห์					
2	ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมจำลอง					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
3	ความถูกต้องในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ					
4	ความถูกต้องและการแสดงกราฟ					
	ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ					
5	ความรวดเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ จากโปรแกรมจำลอง					
6	ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า					
7	ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นมีน้อย					
8	ความเหมาะสมของกราฟ					
9	รูปแบบแสดงผลของโปรแกรมจำลอง					
10	ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า					
11	การนำโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า ไปใช้งานได้จริง					

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่เสียสละเวลาในการให้ความร่วมมือครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ผลการประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มสนามไฟฟ้า

ลำดับ	รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น (N=16)		
		$\bar{X}$	S.D	ระดับความพึงพอใจ
	ด้านเนื้อหา	**4.53**	**0.56**	**มากที่สุด**
1	ความครบถ้วนของการจำลองการสร้างกราฟวิเคราะห์	4.50	0.52	มากที่สุด
2	ความครบถ้วนของค่าตัวแปรต่าง ๆ จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมจำลอง	4.50	0.63	มากที่สุด
3	ความถูกต้องในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ	4.56	0.63	มากที่สุด
4	ความถูกต้องและการแสดงกราฟ	4.56	0.51	มากที่สุด
	ด้านโปรแกรมจำลอง	**4.43**	**0.61**	**มาก**
5	ความรวดเร็วในการคำนวณค่าตัวแปรต่าง ๆ จากโปรแกรมจำลอง	4.56	0.63	มากที่สุด
6	ความสะดวกในการใช้งานโปรแกรมจำลองเรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า	4.63	0.50	มากที่สุด
7	ข้อผิดพลาดของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีน้อย	4.31	0.79	มากที่สุด
8	ความเหมาะสมของกราฟ	4.38	0.62	มาก
9	รูปแบบแสดงผลของโปรแกรมจำลอง	4.50	0.52	มากที่สุด
10	ความสวยงาม เหมาะสมโดยรวมของโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า	4.19	0.54	มาก
11	การนำโปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้าไปใช้งานได้จริง	4.50	0.63	มากที่สุด
	รวม	**4.47**	**0.59**	**มาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของ
โปรแกรมจำลอง เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 คะแนนการทำแบบทดสอบ (E_1/E_2)

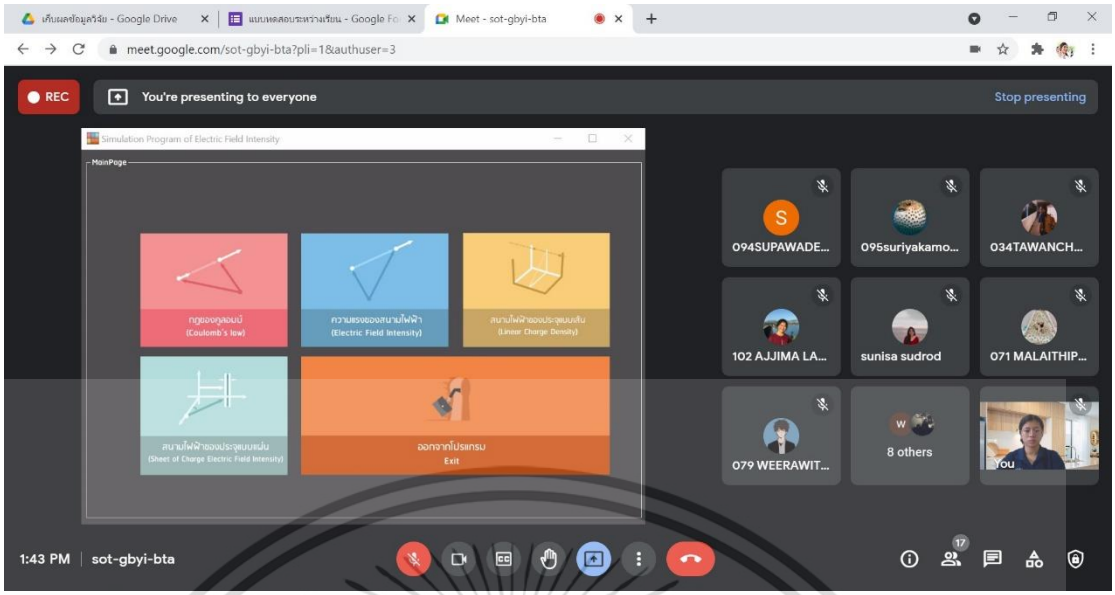
คนที่	ใบงานการทดลองที่				คะแนนรวม (E_1)	แบบทดสอบหลังการเรียน (E_2) (40 คะแนน)
	1	2	3	4		
1	8	9	10	9	36	36
2	10	9	10	10	36	39
3	5	6	6	6	22	24
4	9	9	9	10	37	39
5	9	10	10	10	39	39
6	10	8	10	10	37	40
7	9	10	9	10	38	38
8	9	7	5	5	26	27
9	9	9	9	10	37	39
10	10	8	10	9	37	38
11	5	5	5	6	28	29
12	8	7	10	10	35	36
13	6	6	5	5	21	22
14	3	4	3	5	26	29
15	9	9	9	9	36	39
16	8	10	8	8	32	34
เฉลี่ย	8.44	8.13	8.06	8.06	32.69	36.63
เฉลี่ยร้อยละ	84.38	81.25	80.63	80.63	81.72	91.56
E_1/E_2	81.72					91.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

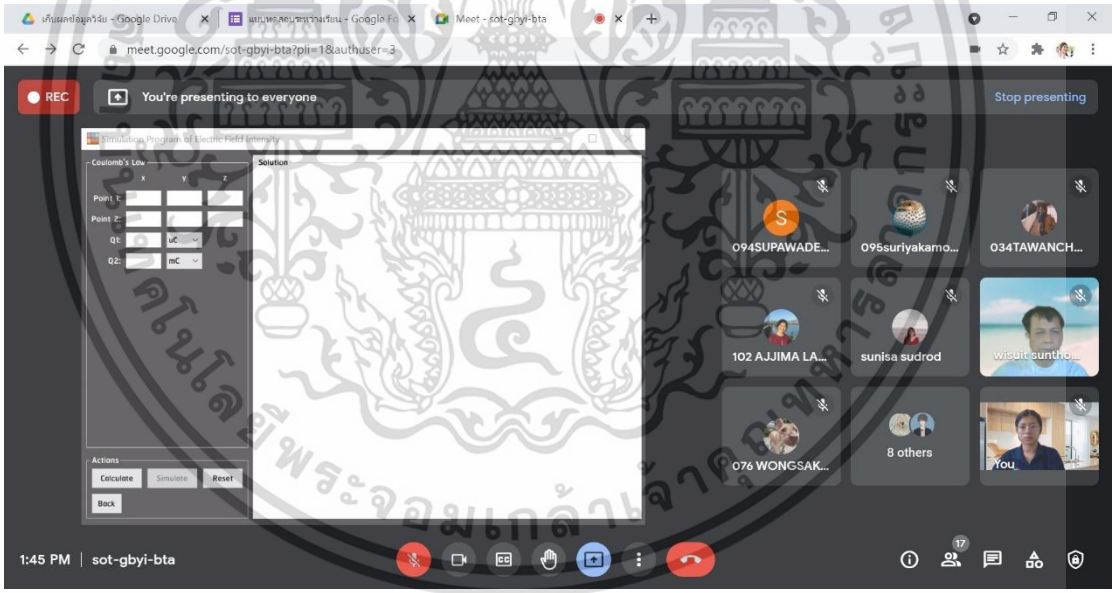
ภาคผนวก ฌ

ภาพการสอนใช้โปรแกรมจำลอง
เรื่องแรงและความเข้มของสนามไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

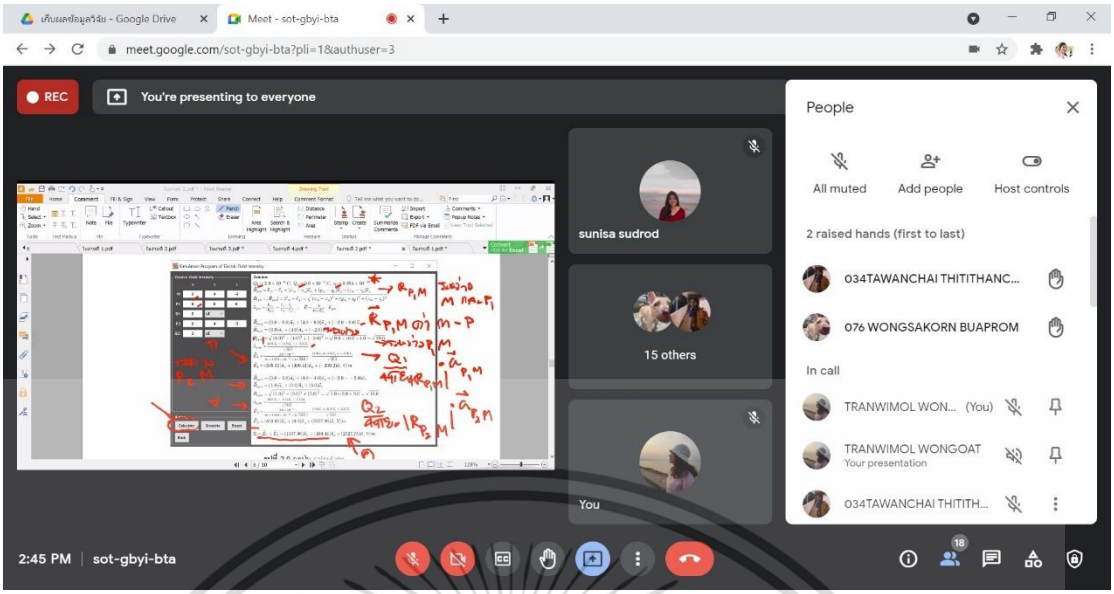


ภาพที่ ฌ.1 อธิบายการใช้งานแต่ละไอคอน

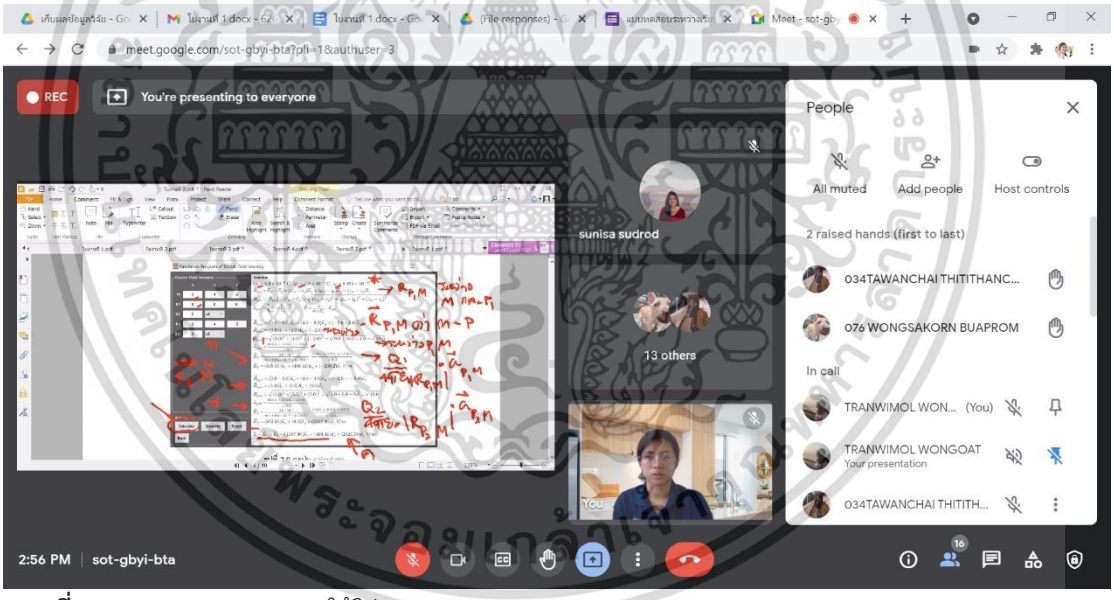


ภาพที่ ฌ.2 บรรยากาศการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

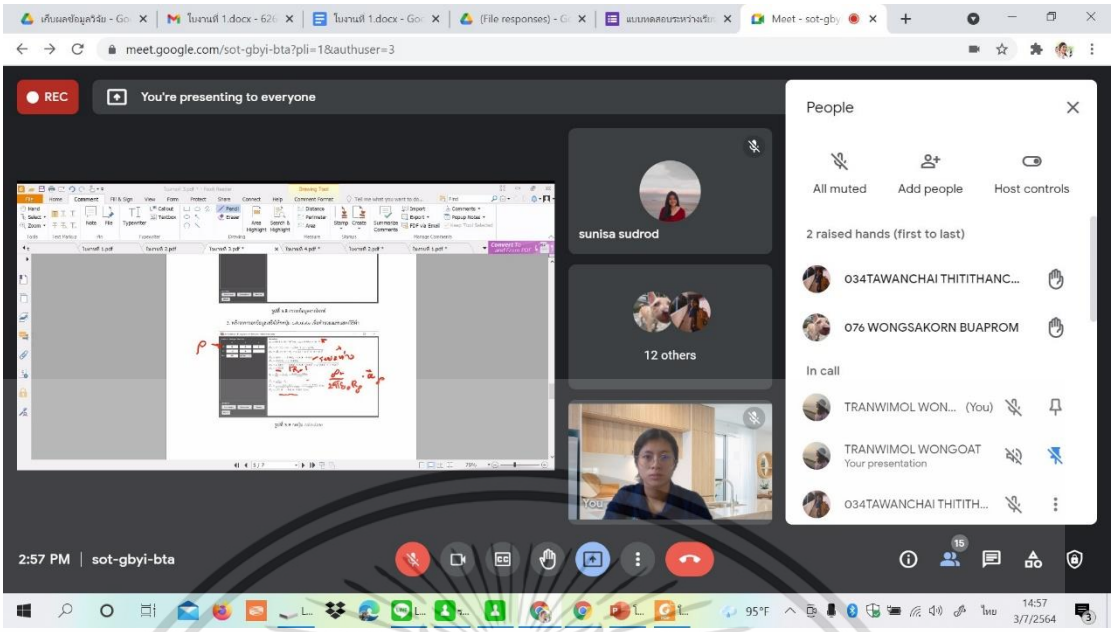


ภาพที่ ฌ.3 บรรยากาศการสอนใช้โปรแกรม

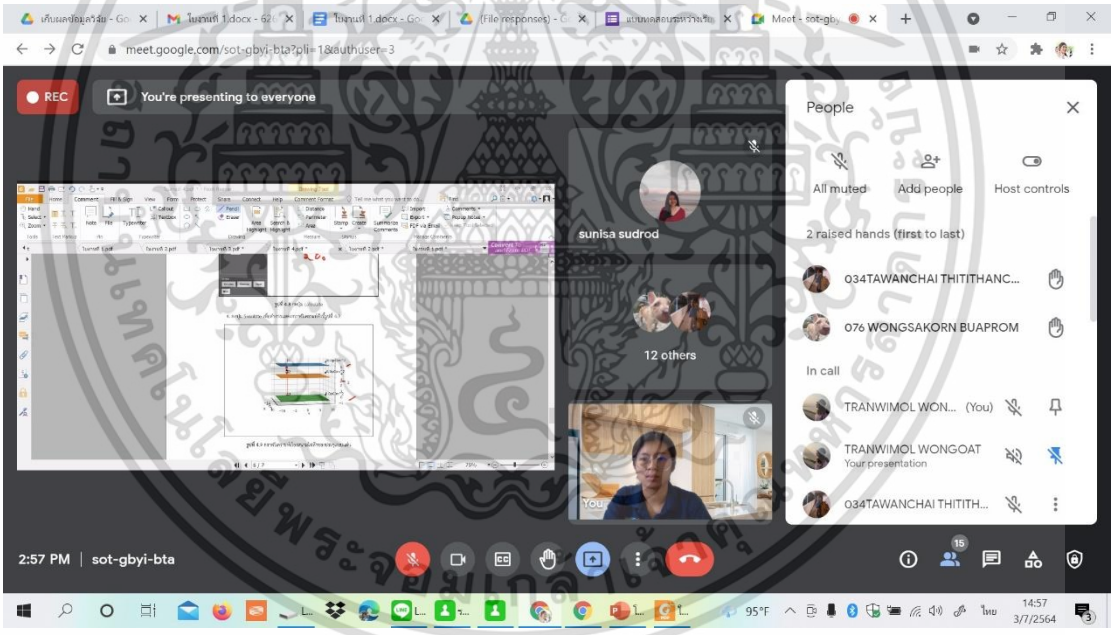


ภาพที่ ฌ.4 บรรยากาศการสอนใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฌ.5 อธิบายเกี่ยวกับใบงาน



ภาพที่ ฌ.6 อธิบายเกี่ยวกับใบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวธารวิมล วงศ์โอษฐ์
วัน-เดือน-ปี เกิด	วัน พุธ ที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2538
ภูมิลำเนา	จังหวัดอุดรธานี
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2557 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนอัมพรไพศาล ปีการศึกษา 2562 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	RF Engineer บริษัทสตัดท์ เทค พ.ศ.2562 ปัจจุบัน ครูพิเศษสอน แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	49/119 ม.14 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
E-mail	w.tranwimol@gmail.com, 62603097@kmitl.ac.th
โทรศัพท์	098-958-5820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้