

แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ANDROID APPLICATION FOR INSTRUCTION  
ON VERTOR AND ELECTRIC FIELD

นันทิชา มณีฤทธิ์  
NUNCHEEWA MANEERIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-ED-M-231-060

แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ANDROID APPLICATION FOR INSTRUCTION  
ON VECTOR AND ELECTRIC FIELD

นันทิชา มณีฤทธิ์  
NUNCHEEWA MANEERIT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2561

KMITL-2018-ED-M-231-060

ANDROID APPLICATION FOR INSTRUCTION  
ON VECTOR AND ELECTRIC FIELD

NUNCHEEWA MANEERIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION  
IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-ED-M-231-060

COPYRIGHT 2018

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า  
ANDROID APPLICATION FOR INSTRUCTION ON VECTOR  
AND ELECTRIC FIELD

นักศึกษา

นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์

รหัสประจำตัว

56603281

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

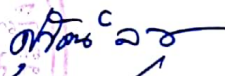

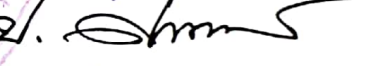


วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวัฒน์ ลาวณิชย์วิสุทธิ์	
รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์	
รองศาสตราจารย์ ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์	
รองศาสตราจารย์ ดร.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย ใจกล้า	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

14 กรกฎาคม 2561 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า
นักศึกษา	นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์
รหัสนักศึกษา	56603281
ปริญญา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาศึกษาศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนา หาประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแอปพลิเคชัน แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.2-0.8 อำนาจจำแนกมีค่ามากกว่า 0.2 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78 และแบบประเมินความพึงพอใจ ต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.31$ , S.D. = 0.46) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 3.58$ , S.D. = 0.46) มีประสิทธิภาพได้มาตรฐานของเมกุยแกนส์ โดยมีค่าเท่ากับ 1.0089 ซึ่งมีความมากกว่า 1.00 ตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ในส่วนผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับมาก ( $\mu = 4.14$ ,  $\sigma = 0.72$ )

<b>Thesis Title</b>	Android Application for Instruction on Vector and Electric Field
<b>Student</b>	Miss Nuncheewa Maneerit
<b>Student ID.</b>	56603281
<b>Degree</b>	Master of Science in Industrial Education
<b>Program</b>	Electrical Communications Engineering
<b>Year</b>	2018
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong
<b>Thesis Co- Advisor</b>	Assoc. Prof. Piya Supavarasuwat

## ABSTRACT

The purposes of this research were to design and development, find the efficiency, compare between pretest and posttest achievement of the students, and find the satisfaction of students of the Android Application for Instruction on Vector and Electric Field. The research population is 20 students on diploma students of the department of electronics, Chachoengsao Technical College. The research tools consists of the Application, the content and media production technical quality assessment, the achievement test had the difficulty value range was 0.2-0.8, the discrimination value was more than 0.2 and the reliability value was 0.78, and the satisfaction evaluation form of Android Application for Instruction on Vector and Electric Field.

The research results found that the Android Application for Instruction on Vector and Electric Field had the content quality was in good level ( $\bar{X} = 4.31$ , S.D. = 0.46) media production technical quality was in good level ( $\bar{X} = 3.58$ , S.D. = 0.46). The efficiency according the Meguigan's Ratio was at 1.0089, which standard more than 1.00 , posttest achievement higher than pretest with a statistical significance level at 0.05, and the satisfaction of students to the application was in much level ( $\mu = 4.14$ ,  $\sigma = 0.72$ ).

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงจากคณาจารย์ทุกท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ร.ศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และร.ศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความเมตตากรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ช่วยเหลือ และข้อคิดเห็น ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ทุกขั้นตอน เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ออกมาสมบูรณ์แบบที่สุด และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผศ.สุชิน อัจฉาญ ผศ.อำพล ทองระอา ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันคือ อาจารย์นิติ เกื้อกูลวงศ์ชัยที่ได้ให้ความกรุณา เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อมาให้คำแนะนำ และตรวจสอบ ข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือวิจัย ขอขอบพระคุณ อาจารย์เทอดศักดิ์ เจริญเนาวรัตน์ ที่เป็นทั้ง ผู้ทรงคุณวุฒิ และผู้ให้คำแนะนำ ให้ความอนุเคราะห์เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบใจ นักศึกษาแผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์และแผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มประชากร ให้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลในงานวิจัยและขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยเป็นห่วงเป็นใย ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นของขวัญแก่ บิดา มารดา ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนและผลักดันให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ ตลอดจนการดำเนินชีวิตมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นันทิชา มณีฤทธิ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VI
สารบัญภาพ .....	VII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย .....	3
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	4
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย .....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 สังเขปรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า .....	5
2.2 แผนการสอนรายวิชา .....	7
2.3 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ .....	9
2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชัน .....	18
2.5 อุปกรณ์รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ .....	19
2.6 หลักการออกแบบบทเรียนตามกรอบแนวความคิดของ ADDIE MODEL .....	21
2.7 นวัตกรรมและสื่อการเรียนการสอน .....	23
2.8 การวัดและการประเมินสื่อการเรียนการสอน .....	27
2.9 การหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน .....	34
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	42
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	42

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	42
3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล .....	51
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	51
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	55
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	55
4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า .....	58
4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า .....	59
4.4 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า .....	59
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	61
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
5.2 อภิปรายผลการวิจัย .....	64
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	65
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	71
ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....	72
ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ.....	83
ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพ.....	86
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	102
ภาคผนวก จ เนื้อหาที่ใช้ในบทเรียน เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	115

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานและการติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน	
บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	141
ประวัติผู้แต่ง.....	151

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน่วยการเรียนรู้วิชาพื้นฐานแม่เหล็กไฟฟ้า.....	7
2.2 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่.....	7
2.3 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่.....	8
2.4 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่.....	8
2.5 สรุปวิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	11
2.6 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความเชื่อมั่น.....	30
2.7 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย.....	31
2.8 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก.....	32
4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....	55
4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ.....	56
4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	58
4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	59
4.5 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า.....	60

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ชั้นของสถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์ .....	13
2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน.....	14
2.3 ชั้นแอปพลิเคชัน.....	14
2.4 ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค .....	15
2.5 ชั้นไลบรารี.....	16
2.6 ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล.....	16
2.7 วงรอบชีวิตของแอปพลิเคชัน.....	17
2.8 ไอคอนโปรแกรม Android Studio .....	18
2.9 สัญลักษณ์แอนดรอยด์ .....	19
2.10 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Android Studio .....	19
2.11 ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.....	20
2.12 ตัวอย่างแท็บเล็ตแอนดรอยด์.....	20
2.13 ตัวอย่าง Android on PC.....	21
3.1 ขั้นตอนสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบ ปฏิบัติการแอนดรอยด์ วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า .....	45
3.2 ขั้นตอนสร้างแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับ บทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า .....	47
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน .....	49
3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน.....	50

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

“ไทยแลนด์ 4.0” เป็นโมเดลในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ รวมไปถึงการพัฒนาการศึกษาด้วย หรือเรียกว่า การศึกษา 4.0 เป้าหมายคือต้องการให้ประเทศไทยมีนวัตกรรมเป็นของตนเอง โดยกระทรวงศึกษาธิการกำหนดแนวทางปฏิบัติดังนี้ 1. ต้องมีนักเรียนต่อห้องไม่เกิน 36 คน 2. การจัดการความพร้อมของโรงเรียน 3. หลักสูตรต้องมีการปรับปรุงเสมอ 4. ต้องนำศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาบูรณาการเข้าด้วยกัน หมายถึงองค์ความรู้ วิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 ที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิตและการทำงาน เช่นการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการสร้างสื่อ และนวัตกรรม เป็นต้น และ 5. ครูต้องพัฒนาตัวเองอยู่เสมอ ครูไทยต้องปรับเปลี่ยนบทบาทจากเดิมที่คอยป้อนความรู้ทุกอย่างแก่นักเรียน มาเป็นครูที่สามารถชี้แนะให้นักเรียนค้นคว้าด้วยตนเองผ่านเครื่องมือหรือช่องทางต่าง ๆ ซึ่งครูจะต้องได้รับการส่งเสริมให้สามารถสร้างสื่อดิจิทัลคอนเทนต์ได้ด้วยตนเอง เพื่อใช้เนื้อหาสาระนี้เป็นแกนหลักสำหรับการเรียนการสอนนอกเหนือจากความรู้ในหนังสือเท่านั้น (ไพยมจันทร์น้อย, 2560)

สมาร์ทโฟน (Smartphone) และแท็บเล็ต (Tablet) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน เป็นอุปกรณ์ที่ขาดไม่ได้ เพราะอุปกรณ์ทั้งสองสามารถฟังเพลง ดูหนัง ค้นหาข้อมูล อ่านหนังสือออนไลน์ และรวมไปถึงการเพิ่มโปรแกรมหรือแอปพลิเคชันเสริมต่าง ๆ ลงไปได้อย่างง่ายดาย สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตเทียบได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนตัวที่สามารถพกพาไปมาได้อย่างสะดวก โดยสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตมีการพัฒนาความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่สูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันการสื่อสารผ่านทางระบบของเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi: Wireless Fidelity) หรือระบบ 3G (Third Generation of Mobile Telephone) และระบบ 4G (Fourth-Generation Wireless) ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในท้องตลาด จะมีระบบปฏิบัติการเป็นของตัวเอง ส่งผลให้แนวทางในการพัฒนาโปรแกรม เพื่อนำไปใช้งานบนอุปกรณ์เหล่านั้นยุ่งยาก และหลากหลายขึ้น ระบบปฏิบัติการบนอุปกรณ์ดังกล่าว มีอยู่หลายตัว เช่น Android, iOS, Windows Phone, BlackBerry, Symbian เป็นต้น โดยลักษณะของระบบปฏิบัติการข้างต้น ส่วนมากไม่สามารถนำมาศึกษา ดัดแปลงการทำงานของระบบปฏิบัติการเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้ ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการพัฒนา และการพัฒนาจะถูกกำหนดทิศทางโดยเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น ซึ่ง

ระบบปฏิบัติการที่ได้รับความนิยมอีกรูปแบบหนึ่งของผู้ใช้สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตคือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และระบบปฏิบัติการนี้มีแนวโน้มในการพัฒนาออกไปอย่างไม่หยุดยั้ง ในอนาคตคาดว่าจะมีแอปพลิเคชันใหม่ ๆ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่เข้ามามีบทบาทและรองรับความต้องการในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น เช่น เป็นเครื่องช่วยเตือนความจำ ช่วยในการทำงาน ทำธุรกิจ ทำให้ใช้ชีวิตได้ง่ายขึ้น เป็นต้น การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีไลบรารี (Library) การใช้งานมากมายที่อำนวยความสะดวกให้แก่ักพัฒนา โดยไลบรารี สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันจะมีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน ซึ่งภายในไลบรารีนั้นจะมีโค้ดที่นำกลับมาใช้ได้ (Reusable) อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการประหยัดเวลาในการพัฒนาแอปพลิเคชัน ซึ่งมีงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ของ วิสัยพร ไชยสิทธิ์ (2554) ซึ่งผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.78/95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนกับหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชัน พบว่า คะแนนหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.28 จากผลการวิจัยทำให้เห็นว่าการใช้สมาร์ทโฟนเข้ามามีส่วนร่วมในการเรียนการสอนส่งผลต่อการเรียนของผู้เรียนและผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยสมาร์ทโฟนมาก

วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวิชาที่สอนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ซึ่งเป็นวิชาที่มีความสำคัญมากเพราะเป็นพื้นฐานของวิชาต่าง ๆ เช่น วิชาระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ วิชาคลื่นไมโครเวฟ เป็นต้น ซึ่งวิชาแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นวิชาที่ต้องอาศัยหลักการของการจินตนาการในการสร้างภาพการเคลื่อนที่ของรูปคลื่นต่าง ๆ มากมาย จากการบรรยายของอาจารย์ผู้สอน หรือดูจากภาพนิ่งในตำราเรียน ทำให้การเรียนอาจมีความเข้าใจที่แตกต่างกันออกไป ตามความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคนด้วย ในเรื่องของทฤษฎีการวิเคราะห์แวกเตอร์และสนามไฟฟ้าถือว่าเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยการจินตนาการในเรื่องของการเคลื่อนตัวของคลื่นในสนามแวกเตอร์แล้วนั้นถ้ามีการเรียนด้วยภาพเคลื่อนไหวก็จะทำให้เข้าใจง่ายมากขึ้นและไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งงานวิจัยของ พิพัฒน์ วัฒนกุล (2548) เรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.63 และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนมีส่วนช่วยในการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้นได้

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้นอาจกล่าวได้ว่า "สมาร์ทโฟน" สามารถเป็นสื่อกลางในการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ผู้วิจัยคิดว่าถ้าหากว่ามีการพัฒนาแอปพลิเคชัน เพื่อให้มีบทบาท วิธีการสร้างความรู้ความสามารถ และพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน อีกทั้งยังตอบสนองความต้องการของรัฐบาลไทยที่มีแผนการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ให้ประเทศไทยมีนวัตกรรมเป็นของตนเอง ส่งเสริมการใช้สื่อสมัยใหม่ในการพัฒนาการเรียนรู้อของผู้เรียน และผู้เรียนสามารถใช้ประโยชน์และสร้างคุณค่าทางการ

เรียนรู้ให้ได้มากที่สุด และสื่อการเรียนในรายวิชาพื้นฐานแม่เหล็กไฟฟ้านั้นยังไม่มีการพัฒนาในรูปแบบสมาร์ตโฟน ผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาสื่อนวัตกรรมในรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า เพื่อเพิ่มกระบวนการสร้างความเข้าใจและวิธีคิดวิเคราะห์และเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในสื่อวัตกรรมการเรียนการสอนให้มีความทันสมัย ที่สามารถทบทวน ทดสอบ ความรู้ในเวลาใดก็ได้ หลังจากการเรียนการสอนในชั้นเรียน ด้วยวิธีการนำเสนอในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน, แท็บเล็ต เพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการศึกษาของไทยและเพิ่มการใช้งานสมาร์ตโฟนให้เป็นประโยชน์กับการศึกษาได้ด้วย

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

1.2.4 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 คุณภาพของแอปพลิเคชัน สำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x} \geq 3.5$ )

1.3.2 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มีประสิทธิภาพที่ได้ค่ามากกว่า 1.00 ตามมาตรฐานของเมกุยกเนสส์

1.3.3 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อใช้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชา เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.4 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อยู่ในระดับมากขึ้นไป ( $\mu \geq 3.5$ )

## 1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยดำเนินการสร้างบทเรียนโดยใช้แนวคิดแบบ ADDIE MODEL (Seels and Glasgow, 1998:12) 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.4.1 การวิเคราะห์ (A: Analysis)
- 1.4.2 การออกแบบ (D: Design)
- 1.4.3 การพัฒนา (D: Development)
- 1.4.4 การทดลองใช้ (I: Implementation)
- 1.4.5 การประเมินผล (E: Evaluation)

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ประชากร คือ ผู้เรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน

- 1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา
  - 1.5.2.1 หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์
  - 1.5.2.2 ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์
  - 1.5.2.3 สนามไฟฟ้า

## 1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 แอปพลิเคชัน หมายถึง ชุดโปรแกรมต่าง ๆ ที่ทำงานอยู่บนมือถือประเภทสมาร์ตโฟนและแท็บเล็ตต่าง ๆ

1.6.2 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ หมายถึง เป็นระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่น สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ตต่าง ๆ เป็นต้น

1.6.3 คุณภาพ หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.6.4 ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์หรือผลที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้จากการนำแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มาใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนดตามมาตรฐานของเมกยูแกนส์

1.6.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือกที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังสิ้นสุดการเรียน

1.6.6 ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ความรู้ หรือทักษะ อันเกิดจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้วด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ซึ่งพิจารณาจากคะแนนสอบก่อนเรียนและผลการสอบหลังเรียน

1.6.7 ความพึงพอใจ หมายถึง ผลที่ได้จากการที่ประเมินความรู้สึกที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนเรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ประเมินความพึงพอใจ

1.6.8 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญด้านเนื้อหาในวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และด้านเทคนิคการผลิตสื่อการเรียนการสอน

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนา หาคุนภาพ ประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนกับหลังเรียน และหาค่าความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้เรียบเรียง รวบรวมเนื้อหาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังหัวข้อต่อไปนี้

- 2.1 สังเขปรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- 2.2 แผนการสอนรายวิชา
- 2.3 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
- 2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชัน
- 2.5 อุปกรณ์รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
- 2.6 หลักการออกแบบบทเรียนตามกรอบแนวความคิดแบบ ADDIE MODEL
- 2.7 นวัตกรรมและสื่อการเรียนการสอน
- 2.8 การวัดและการประเมินสื่อการเรียนการสอน
- 2.9 การหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน
- 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 สังเขปรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

สังเขปรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

##### 2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา 3105-9002 พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (3-0-3) (Electromagnetic Field Fundamental)

###### 2.1.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

- (1) เข้าใจหลักการพื้นฐานสนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- (2) มีทักษะในการวิเคราะห์สนามไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- (3) มีกิจนิสัยในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

###### 2.1.1.2 มาตรฐานรายวิชา

- (1) แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(2) วิเคราะห์สนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยเวกเตอร์

(3) วิเคราะห์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยเวกเตอร์และสมการแมกซ์เวลล์

### 2.1.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการวิเคราะห์เวกเตอร์ ระบบพิกัด การแปลงเวกเตอร์แคลคูลัส สนามไฟฟ้า สนามไฟฟ้าในวัสดุ สนามแม่เหล็ก แรง วัสดุและอุปกรณ์แม่เหล็ก สมการแมกซ์เวลล์ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## 2.2 แผนการสอนรายวิชา

ตารางที่ 2.1 หน่วยการเรียนรู้วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	สัปดาห์ที่สอน	จำนวนชั่วโมง
1	หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์	1	3
2	ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์	2	3
3	สนามไฟฟ้า	3	3

ตารางที่ 2.2 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่ 1

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	5	1. ให้นิยามของคำว่าปริมาณสเกลาร์ได้
	5	2. ให้นิยามของคำว่าปริมาณเวกเตอร์ได้
	10	3. ยกตัวอย่างปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ได้
3. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	20	4. คำนวณหาหนึ่งหน่วยของเวกเตอร์ใดๆได้
	20	5. คำนวณหาระยะทางของเวกเตอร์ได้
	20	6. คำนวณหามุมระหว่างเวกเตอร์ได้
	20	7. คำนวณหาพื้นที่ของเวกเตอร์ได้
4. พีชคณิตทางเวกเตอร์, การบวกเวกเตอร์, การลบเวกเตอร์, การคูณเวกเตอร์แบบ Dot product, Cross product	10	8. คำนวณวิธีการบวกเวกเตอร์แบบรูปภาพได้
	10	9. อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้
	20	10. อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Cross product ได้
	20	11. คำนวณการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
5. สรุป	10	12. สรุปความรู้จากการเรียนได้
รวม	180	

ตารางที่ 2.3 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่ 2

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน	10	1. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้
3. ระบบพิกัดทรงกระบอก	10	2. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกระบอกได้
4. ระบบพิกัดทรงกลม	10	3. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกลมได้
	10	4. อธิบายความแตกต่างของระบบพิกัดแต่ละชนิดได้
	30	5. คำนวณหาระยะทาง, พื้นที่, ปริมาตรในทางเวกเตอร์ได้
	30	6. คำนวณหาระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในเวกเตอร์ได้
5. การแปลงเวกเตอร์ระบบพิกัด	60	7. แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้
6. สรุป	10	8. สรุปความรู้จากการเรียนได้
รวม	180	

ตารางที่ 2.4 แผนการสอนรายสัปดาห์ที่ 3

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. กฎคูโลมบ์	15	1. อธิบายความหมายของกฎคูโลมบ์ได้
	15	2. เขียนสมการกฎคูโลมบ์ได้
	40	3. คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วยกฎคูโลมบ์ได้
3. สนามไฟฟ้า	20	4. อธิบายเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าได้
	40	5. คำนวณขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้
4. เส้นสนามไฟฟ้า	30	6. อธิบายลักษณะเส้นแรงสนามไฟฟ้าได้

## ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ นักศึกษาสามารถ)
5. สรุป	10	7. สรุปความรู้จากการเรียนได้
รวม	180	

## 2.3 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านการสื่อสารถือว่ามีความวิวัฒนาการที่รวดเร็วมากเพราะมีการแข่งขันด้านการค้าที่รุนแรงจากผู้ประดิษฐ์คิดค้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเพื่อความเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีด้านการสื่อสารนั่นเอง

### 2.3.1 ความหมายของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์ (Android) เป็นซอฟต์แวร์ที่มีโครงสร้างแบบเรียงทับซ้อนหรือแบบสแต็ค (Stack) ซึ่งรวมเอาระบบปฏิบัติการ มิดเดิลแวร์ และแอปพลิเคชันที่สำคัญเข้าไว้ด้วยกัน เพื่อใช้สำหรับทำงานบนอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่โดยเฉพาะ เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต เป็นต้น

การทำงานของแอนดรอยด์มีพื้นฐานอยู่บนระบบลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel) ซึ่งใช้ Android SDK (Software Development Kit) เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์โดยใช้ภาษา JAVA ในการเขียนโปรแกรม เพราะโปรแกรมที่พัฒนามาได้จะต้องทำงานอยู่ภายใต้ Dalvik Virtual Machine เช่นเดียวกับโปรแกรมจาวา ที่ต้องทำงานอยู่ภายใต้ Java Virtual Machine (Virtual Machine เปรียบได้กับสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมทำงานอยู่) (จักรชัย โสอินทร์ : 2555 )

### 2.3.2 ประวัติแอนดรอยด์

แอนดรอยด์ เริ่มพัฒนาเมื่อปี พ.ศ.2550 โดยบริษัท แอนดรอยด์ร่วมกับ Google จากนั้นเมื่อปี พ.ศ. 2550 ได้มีการร่วมมือกันกว่า 30 บริษัทชั้นนำเพื่อพัฒนาระบบ โดยใช้ชื่อย่อกลุ่มว่า OHA (Open Handset Alliances) โดยแบ่งออกเป็นเวอร์ชัน และมีชื่อเรียกแต่ละเวอร์ชันเป็นชื่อขมหวาน โดยเรียงลำดับตามตัวอักษร A-Z (จักรชัย โสอินทร์ : 2555 )

ทั้งนี้ OHA ได้ร่วมมือกันพัฒนามาตรฐานสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ระบบเปิด (Open System) หรือโอเพ่นซอร์ส (Open Source) โดยมีลิขสิทธิ์ตาม Apache Version 2 license

ซึ่งหลักลิขสิทธิ์ของ Apache จะอนุญาตให้ผู้พัฒนาสามารถนำโค้ดที่มีอยู่ไปพัฒนาต่อได้ ทั้งในส่วนของการค้า (Commercial) หรือซอฟต์แวร์กรรมสิทธิ์ (Proprietary) และแบบใช้ฟรีหรือฟรีแวร์ (Freeware) ก็ได้

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 1.0 ออกตัวเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ.2550

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 1.1 ออกตัวเมื่อวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 เป็นรุ่นที่พัฒนาแก้ไข บั๊ก (Bug) ของเวอร์ชันก่อนหน้าคือ เวอร์ชัน 1.0 โดยในรุ่นนี้ได้มีการนำไปใช้งาน โดยติดตั้งอยู่ใน HTC Dream (G1)

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 1.5 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า คัพเค้ก (Cupcake) เปิดตัวเมื่อวันที่ 30 เมษายน พ.ศ.2552 เป็นรุ่นที่ถูกนำมาผลิตเพื่อการค้าอย่างเต็มรูปแบบ และบริษัทที่นำมาใช้โทรศัพท์ของตนเอง พร้อมขายทั่วโลกคือ Samsung โดยนำมาติดตั้งในเครื่อง Samsung i51700 Spica

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 1.6 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า โดนัท (Donut) ออกตัวเมื่อวันที่ 15 สิงหาคม พ.ศ.2552 มีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเวอร์ชัน 1.5 มีโทรศัพท์หลายรุ่นที่ได้นำมาใช้ โดยแอนดรอยด์เวอร์ชันนี้สามารถจัดให้มีการอัปเดตออนไลน์ (Over The Air : OTA)

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 2.0 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า อีclair (Eclair) แปลว่า ขนมหวานรูปยาวมิก ริมข้างใน ออกตัวเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ.2552 โดยบริษัท Motorola ได้นำเวอร์ชันนี้ลงบน โทรศัพท์แบบสไลด์ ชื่อรุ่น Milestones ประเทศไทยได้นำมาวางขายผ่านเครือข่าย True

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 2.2 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า โฟรโย (Froyo) แปลว่าโยเกิร์ตแช่แข็ง (Froyo - Frozen yogurt) ออกตัวเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ.2553 โดยระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชันนี้ได้ถูกติดตั้งในโทรศัพท์รุ่น Google Nexus One ซึ่งบริษัท Google มอบหมายให้ทางบริษัท HTC เป็นโรงงานผลิต

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 2.3 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า จิงเกอร์เบรด (Gingerbread) เจ้าขนมปังจิง ออกตัวเมื่อวันที่ 6 ธันวาคม พ.ศ.2553 เป็นรุ่นที่ถือได้ว่าการนำมาใช้งานในโทรศัพท์มือถือมากที่สุดในความสามารถ ที่เพิ่มเข้ามาในเวอร์ชันนี้จะพิเศษที่ระบบการสื่อสารแบบใหม่ชื่อเรียกว่า Near Field Communication (NFC) เป็นระบบการจ่ายเงินผ่านโทรศัพท์ได้ โดยที่โทรศัพท์ต้องมีอุปกรณ์ที่รองรับระบบ NFC ด้วย เวอร์ชันนี้ได้ถูกลงบนโทรศัพท์ของ Google เช่นเดิม เป็นรุ่นที่ 2 ต่อจาก HTC Nexus One แต่ครั้งนี้ Google ให้บริษัท Samsung เป็นผู้ผลิตให้ และใช้ชื่อว่า Google Nexus S

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 3.0 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า ฮันนี่คอม (Honeycomb) รังผึ้ง ออกตัวเมื่อวันที่ 22 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2554 ระบบปฏิบัติการเวอร์ชันนี้ถูกพัฒนาเพื่อใช้กับ Tablet โดยเฉพาะ ถูกติดตั้งในแท็บเล็ต Motorola ในรุ่น XOOM เป็นรุ่นแรก

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.0 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า ไอศกรีมแซนวิช (ICS : Ice Cream Sandwich) ออกตัวเมื่อวันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ.2554 เวอร์ชันนี้จะสามารถใช้งานได้ทั้งในโทรศัพท์ และแท็บเล็ต ทำให้บริษัทผู้ผลิตเตรียมอัปเดตอุปกรณ์ของตนเองเพื่อให้สามารถใช้งานเวอร์ชันนี้ได้ โทรศัพท์รุ่นที่รับการติดตั้งระบบปฏิบัติการเวอร์ชันนี้ได้แก่ Google Galaxy Nexus และแท็บเล็ตเครื่องแรกที่ได้รับ การอัปเดตเป็นเวอร์ชันนี้ได้แก่ Asus Transformer Prime span classคือ'highlight red'> โดยแอนดรอยด์เวอร์ชันนี้ จะเป็นพระเอกสำหรับโครงการ OTPC ก็ว่าได้ เพราะเป็นระบบปฏิบัติการที่แท็บเล็ตในโครงการใช้งาน ทำให้ไม่ต้องไอศกรีมแซนวิช (ICS)

แอนดรอยด์ เวอร์ชัน 4.1 ในรุ่นนี้มีชื่อเล่นว่า เจลลี่บีน (JB : Jelly Bean) เวอร์ชันนี้จะเน้นเพิ่มความสามารถทางด้านความเร็วเป็นหลัก เพราะแอนดรอยด์ชอบโดนดูถูกเรื่องความเร็ว ความช้า เมื่อเทียบกับ IOS ในเวอร์ชันนี้จึงเน้น ที่ความเร็วไหลลื่นให้ผู้ใช้ไม่มีสะดุด ด้วยเทคโนโลยีที่มีชื่อว่า V-Sync adaptations และ triple buffering จะนำคุณเข้าสู่ประสบการณ์การเรนเดอร์หน้าจอระดับ 60 เฟรมต่อวินาที (FPS) โดยมีผลิตภัณฑ์ ของ Google ก็คือ แท็บเล็ต Nexus 7 ที่ผลิตโดยโรงงานของ Asus เป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นแรกที่ได้นำ Jelly Bean เป็นระบบปฏิบัติการ หลังจาก Google ได้เปิดจำหน่าย Nexus 7 ไปแล้ว ถึงได้ทำการเปิดโค้ด (Source Code) ให้กับผู้ผลิตแบรนด์อื่นๆ ได้นำ Jelly Bean ไปใช้งาน ไปพัฒนาต่อไป สามารถสรุปได้ดังตารางด้านล่าง (จักรชัย โสอินทร์ : 2555 )

**ตารางที่ 2.5** สรุปวิวัฒนาการของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

Platform	Codename	API Level	Distribution
Android 1.5	Cupcake	3	0.3 %
Android 1.6	Donut	4	0.7 %
Android 2.1	Eclair	7	5.5 %
Android 2.2	Froyo	8	20.9 %
Android 2.3 - Android 2.3.2	Gingerbread	9	0.5 %
Android 2.3.3 – Android 2.3.7		10	63.9 %
Android 3.0	Honeycomb	11	0.1 %
Android 3.1		12	1.0 %
Android 3.2		13	2.2 %
Android 4.0 – Android 4.0.2	Ice cream	14	0.5 %
Android 4.0.3- Android 4.0.4	sandwich	15	4.4 %

### 2.3.3 ประเภทของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ประเภทของชุดซอฟต์แวร์ เนื่องจากแอนดรอยด์ (Android) เปิดให้นักพัฒนาเข้าไปชมรหัส ต้นฉบับได้ทำให้มีผู้พัฒนาจากหลายฝ่ายนำเอารหัส ต้นฉบับมาปรับแต่ง และสร้างแอนดรอยด์ในแบบฉบับของตนเองขึ้น เป็นซอฟต์แวร์ (Software) ที่ใช้ในการติดต่อกับ อุปกรณ์ทุกชิ้นของ แท็บเล็ต (Tablet) และยังทำหน้าที่ควบคุมการทำงานทุกอย่างให้ทำงานร่วมกันได้ เช่น ทำให้ฟังเพลงพร้อมกับเปิดเว็บไซต์ได้ หรือทำให้รับ sms พร้อมกับ พิมพ์ e-mail ได้ด้วย โดย Android ยังเอื้อต่อการทำงานหลายส่วนไปให้กับคนที่ชอบสร้างโปรแกรม ในปัจจุบันพบว่าผู้ใช้หรือผู้สนใจหลายคนเริ่มเขียนโปรแกรมเพื่อใช้งานบนแอนดรอยด์ (Android) และการเขียนโปรแกรมสำหรับธุรกิจ หรือเชิงพาณิชย์บนแอนดรอยด์ (Andorid) ซึ่งจุดนี้ทำให้แอนดรอยด์ (Android) มีแอปพลิเคชัน (Application) ที่

งานได้หลากหลายเหมือนกับคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป ซึ่งผู้ใช้สามารถดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกมส์ อินเทอร์เน็ต (Internet) ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของแอนดรอยด์ออกได้ เป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

2.3.3.1 Android Open Source Project (AOSP) เป็นแอนดรอยด์ประเภทแรกที่ กูเกิล (Google) เปิดให้สามารถนำต้นฉบับแบบเปิด ไปติดตั้งและใช้งานในอุปกรณ์ต่างๆ ได้โดยไม่ต้อง เสียค่าใช้จ่ายใดๆ

2.3.3.2 Open Handset Mobile (OHM) เป็นแอนดรอยด์ที่ได้รับการพัฒนาร่วมกับ กลุ่มบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์พกพา ที่เข้าร่วมกับกูเกิลในนาม Open Handset Alliances (OHA) บริษัท เหล่านี้จะพัฒนาแอนดรอยด์ในแบบฉบับของตนเองออกมา โดยรูปร่างหน้าตา การแสดงผล และฟังก์ชัน การใช้งาน จะมีความเป็นเอกลักษณ์ และมีลิขสิทธิ์เป็นของตนเอง พร้อมได้รับสิทธิในการมีบริการเสริม ต่างๆ จาก google ที่เรียกว่า Google Mobile Service (GMS) ซึ่งเป็นบริการเสริมที่ทำให้แอน ดรอยด์มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามจุดประสงค์ของแอนดรอยด์ แต่การจะได้มาซึ่ง GMS นั้น ผู้ผลิต จะต้องทำการทดสอบระบบ และขออนุญาตกับทาง google ก่อน จึงจะนำเครื่องออกสู่ตลาดได้

2.3.3.3 Cooking หรือ Customize เป็นแอนดรอยด์ที่นักพัฒนานำเอารหัสต้นฉบับ จากแหล่งต่างๆ มาปรับแต่งในแบบฉบับของตนเอง โดยจะต้องทำการปลดล็อคสิทธิ์การใช้งาน อุปกรณ์ หรือ Unlock เครื่องก่อนจึงจะสามารถติดตั้งได้ แอนดรอยด์ประเภทนี้ถือเป็นประเภทที่มี ความสามารถมากที่สุดเท่าที่อุปกรณ์เครื่องนั้นๆ จะรองรับได้ เนื่องจากได้รับการปรับแต่งให้เข้ากับ อุปกรณ์นั้นๆ จากผู้ใช้งานจริง

#### 2.3.4 ความหมายของแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชัน คือ ชุดโปรแกรมต่าง ๆ หรือซอฟต์แวร์ ที่ทำงานบนมือถือประเภทสมาร์ทโฟน รวมถึงแท็บเล็ตที่มีให้ดาวน์โหลดและติดตั้งไปยังอุปกรณ์ตามรุ่นต่างๆ ที่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน ทำให้ เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ นั้นเอง อธิบายง่ายๆ คือโปรแกรมที่ทำงานบนมือถือ และแท็บเล็ต อาจเป็น โปรแกรม เกม รูปแบบคำสั่ง หรือสิ่งอำนวยความสะดวกบนสมาร์ทโฟน ต่างๆ เช่น การดูสภาพ อากาศ แอปพลิเคชันแต่งภาพ แอปพลิเคชันจะมาจากผู้พัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ เขียนและอัปโหลด ขึ้นไปยังผู้ให้บริการเป็นตัวกลางการลงแอปพลิเคชันนั้นๆ เช่น แอนดรอยด์ จะดาวน์โหลดแอปพลิเคชันได้จาก Google

#### 2.3.5 ความสามารถในการพัฒนาบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มีไลบรารี (Library) การใช้งาน มากมายที่อำนวยความสะดวกให้นักพัฒนา โดยไลบรารี สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันจะมีโครงสร้าง เป็นมาตรฐานซึ่งภายในไลบรารีนั้นจะมีโค้ดที่นำกลับมาใช้ได้ (Reusable) อยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นการ ประหยัดเวลาในการพัฒนาแอปพลิเคชันต่างๆ ได้อย่างมาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ดเดิมๆ ซ้ำๆ เมื่อต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันใหม่หรือแอปพลิเคชันที่มีความคล้ายคลึงกัน

2.3.5.1 Dalvik Virtual Machine (VM) เป็นส่วนการสร้างเครื่องมือจำลองแบบเสมือนที่มีการออกแบบให้เหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่หรืออุปกรณ์มือถือ

2.3.5.2 Integrated Browser เป็นการผนวกกับ Web Browser เข้าไว้กับแอนดรอยด์ ทั้งนี้มีพื้นฐานมาจากซอฟต์แวร์เว็บคิต (Webkit)

2.3.5.3 Optimized Graphic เป็นส่วนสนับสนุนการทำงานแบบกราฟิกทั้งในส่วน 2 มิติ และ 3 มิติ โดยใช้เครื่องมือ OpenGL

2.3.5.4 SQLite เป็นส่วนสนับสนุนการทำงานสำหรับการจัดเก็บฐานข้อมูล

2.3.5.5 Media Support เป็นการสนับสนุนการทำงานแบบสื่อประสม หรือสื่อมัลติมีเดีย เช่น ออดิโอ วิดีโอ และรูปภาพ

2.3.5.6 GSM Telephony เป็นส่วนรองรับการทำงานบนระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบ GSM (Global System for Mobile Communications)

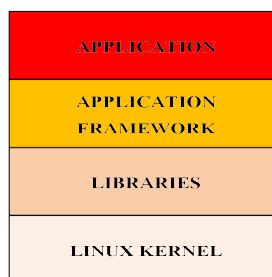
2.3.5.7 Bluetooth, EDGE, 3G และ WiFi เป็นส่วนที่รองรับการทำงานกับ Bluetooth, EDGE (Enhanced Data rates GSM Evolution), 3G และ WiFi

2.3.5.8 Camera, GPS, Compass, Accelerometer เป็นส่วนสนับสนุนการทำงานของระบบกล้องถ่ายรูป, ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก หรือ GPS (Global Positioning System), เซ็นเซอร์และการวัดอัตราเร่ง

2.3.5.9 Rich Development Environment เป็นส่วนสนับสนุนฟังก์ชันต่างๆ ที่ช่วยในการพัฒนาแอปพลิเคชัน เช่น Emulator, Debugging tool, Memory and Performance Profiling และ Plug in สำหรับเครื่องมือ Eclipse

### 2.3.6 สถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์ (Android Architecture)

สถาปัตยกรรมการออกแบบของแอนดรอยด์ (Android Architecture) นั้นถูกแบ่งออกเป็นลำดับชั้นหรือจะเรียกว่า Layer โดยที่แต่ละชั้นเรียกใช้บริการจากระดับชั้นที่อยู่ด้านล่างของตัวเอง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 4 ชั้นหลักคือ 1. ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel), 2. ชั้นไลบรารี (Libraries), 3. ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework) และชั้นแอปพลิเคชัน (Application)



ภาพที่ 2.1 ชั้นของสถาปัตยกรรมของแอนดรอยด์

2.3.6.1 ชั้นแอปพลิเคชัน (Application) ชั้นนี้เป็นชั้นบนสุดของโครงสร้าง Android ซึ่งเป็นส่วนของแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมาใช้งาน เช่น แอปพลิเคชันรับส่งอีเมล, แอปพลิเคชันโทรศัพท์ (Phone Dial) แอปพลิเคชันเว็บเบราว์เซอร์ (Web browser) เป็นต้น ทั้งนี้โปรแกรมในชั้นแอปพลิเคชันนั้นจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ .apk ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ในไดเรกทอรี data/app ของโทรศัพท์



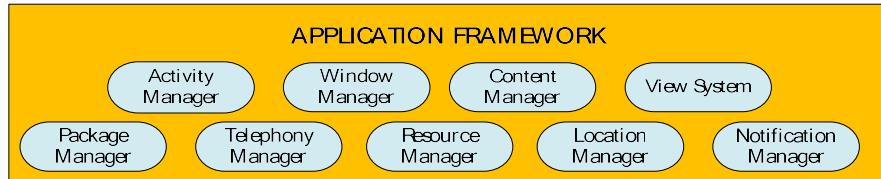
ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 2.3 ชั้นแอปพลิเคชัน

2.3.6.2 ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค (Application Framework) โดยปกติแล้วนักพัฒนาแอปพลิเคชันสามารถเรียกใช้งาน Android ผ่าน API (Application Programming Interface) ได้ ซึ่ง Android ได้ออกแบบไว้เพื่อลดความซ้ำซ้อนในการใช้งานซ้ำของ application Component ซึ่งมีตัวอย่างแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์คดังนี้

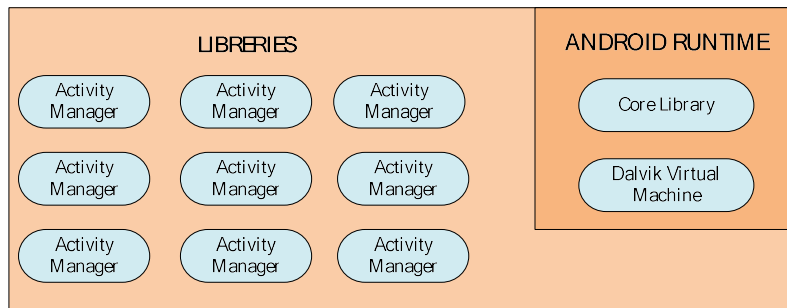
- View System เป็นส่วนควบคุมการทำงานสำหรับการสร้างแอปพลิเคชัน เช่น Lists, grids, text boxes, buttons และ embedded able web browser
- Location Manager เป็นส่วนจัดการค่าตำแหน่งของเครื่องอุปกรณ์พกพาเคลื่อนที่
- Content Provider เป็นส่วนควบคุมการเข้าถึงของข้อมูลที่มีการใช้งานร่วมกัน (Share Data) ระหว่างแอปพลิเคชันที่แตกต่างกัน เช่น ข้อมูลผู้ใช้ (Contact)
- Resource Manager เป็นส่วนจัดการการเข้าใช้ข้อมูลต่างๆที่ไม่ใช้โค้ด
- Notification Manager เป็นส่วนที่ควบคุมอีเวนต์ (Event) ต่างๆ ที่แสดงบนแถบสถานะ (Status bar) เช่น ในกรณีที่รับข้อความหรือสายที่ไม่ได้รับและการแจ้งเตือนอื่นๆ เป็นต้น
- Activity Manager เป็นส่วนควบคุม Life Cycle ของแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 2.4 ชั้นแอปพลิเคชันเฟรมเวิร์ค

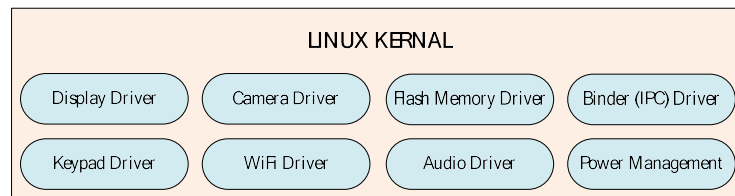
2.3.6.3. ชั้นไลบรารี (Library) Android ได้รวบรวมกลุ่มของไลบรารีต่างๆ ที่สำคัญ และมีความจำเป็นเอาไว้มากมาย เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับนักพัฒนาและง่ายต่อการพัฒนา โปรแกรม ซึ่งถูกเขียนไว้ด้วยภาษา C และ C++ โดยตัวอย่างของไลบรารีที่สำคัญดังนี้

- System C library เป็นกลุ่มของไลบรารีมาตรฐานที่อยู่บนพื้นฐานของภาษา C ไลบรารี (libc) สำหรับ embedded system ที่มีพื้นฐานมาจาก Linux
- Media Libraries เป็นกลุ่มการทำงานมัลติมีเดีย เช่น MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, และ PNG
- Surface Manager เป็นกลุ่มการจัดการรูปแบบหน้าจอ การวาดหน้าจอ
- 2D/3D library เป็นกลุ่มของกราฟิกแบบ 2 มิติ หรือ SGL (Scalable Graphics Library) และแบบ 3 มิติ หรือ OpenGL
- FreeType เป็นกลุ่มของบิตแมป (Bitmap) และเวกเตอร์ (Vector) สำหรับการเรนเดอร์ (Render) ภาพ
- SQLite เป็นกลุ่มของฐานข้อมูล โดยนักพัฒนาสามารถใช้งานข้อมูลนี้เก็บข้อมูล แอปพลิเคชันต่าง ๆ ได้
- Browser Engine เป็นกลุ่มของการแสดงผลบนเว็บเบราว์เซอร์โดยอยู่บนพื้นฐานของ Webkit ซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับ Google Chrome
- Android Runtime เป็นชั้นย่อยที่อยู่ในชั้นไลบรารี ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1. Dalvik VM (Virtual Machine) ส่วนนี้ถูกเขียนด้วยภาษา Java เพื่อใช้เฉพาะการใช้งานใน อุปกรณ์เคลื่อนที่ Dalvik VM จะแตกต่างจาก Java VM (Virtual Machine) คือ Dalvik VM จะรันไฟล์ .dex ที่คอมไพล์มาจากไฟล์ .class และ .jar โดยมี tool ที่ชื่อว่า dx ทำหน้าที่ในการบีบอัดคลาส Java ทั้งนี้ไฟล์ .dex จะมีขนาดกะทัดรัดและเหมาะสมกับอุปกรณ์เคลื่อนที่มากกว่า .class เพื่อต้องการใช้พลังงานจากแบตเตอรี่อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด 2. Core Java Library ส่วนนี้เป็นไลบรารีมาตรฐาน แต่ก็มีแตกต่างจากไลบรารีของ Java SE (Java Standard Edition) และ Java ME (Java Mobile Edition)



ภาพที่ 2.5 ชั้นไลบรารี

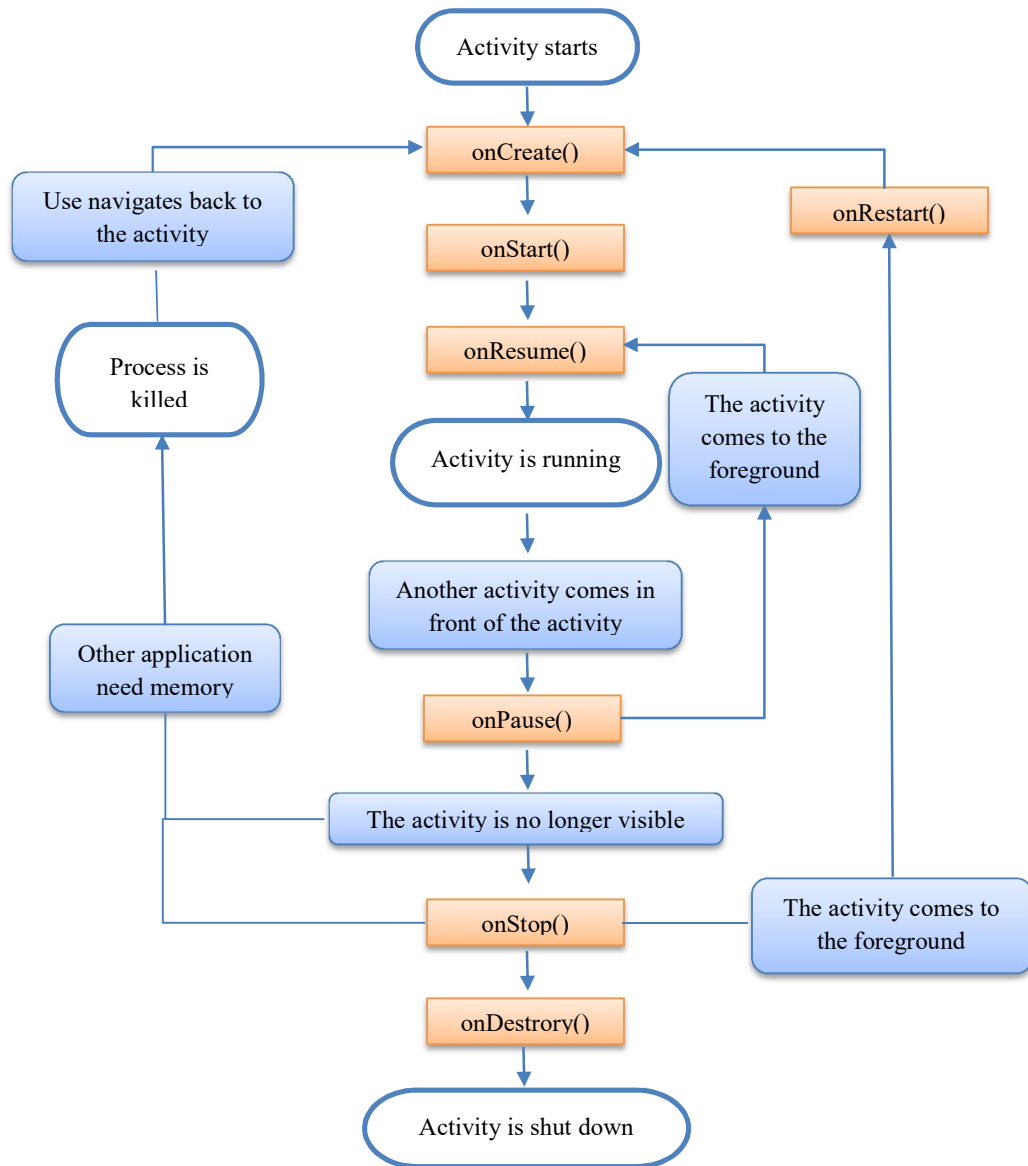
2.3.6.4. ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล (Linux Kernel) ระบบ Android นั้นถูกสร้างบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux โดยในชั้นนี้จะมีฟังก์ชันการทำงานหลายๆ ส่วน แต่โดยส่วนมากแล้วจะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์โดยตรง เช่น การจัดการหน่วยความจำ (Memory Management) การจัดการโพรเซส (Process Management) การเชื่อมต่อเครือข่าย (Networking) เป็นต้น



ภาพที่ 2.6 ชั้นลินุกซ์เคอร์เนล

### 2.3.7 วงรอบชีวิตของแอปพลิเคชัน

โดยปกติแล้วแอปพลิเคชันจะทำงานแยกกันในแต่ละโพรเซส และในแต่ละโพรเซสอาจจะมี Activity/Service ที่ทำงานอยู่มากกว่า 1 Activity/Service ดังนั้น ในแต่ละแอปพลิเคชันอาจจะมีมากกว่า 1 Activity ซึ่งในการเริ่มทำงาน Activity จะเริ่มด้วย startActivity() สำหรับแบบซิงโครนัส (Synchronous) และจะเริ่มด้วย startSubActivity() สำหรับแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) โดยในแต่ละ Activity จะมีวงรอบของชีวิต (Life Cycle) ที่แยกจากกันโดยชัดเจน ซึ่งมีสถานะการทำงานหลักดังนี้ (จักรชัย โสอินทร์ : 2555 )



ภาพที่ 2.7 วงรอบชีวิตของแอปพลิเคชัน

2.3.7.1 onCreate (Bundle savedInstanceState) ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้งานเมื่อเริ่มทำงาน ในกรณีที่มีการเรียกใช้งานเมธอด (Method) นี้ Android Framework จะนำ Bundle object ไปบันทึกไว้ใน Activity ก่อนที่ Activity จะทำงาน ซึ่งจากนั้นจะตามด้วยฟังก์ชัน onStart()

2.3.7.2 onStart() ส่วนนี้เป็นการระบุว่า Activity นั้นๆจะถูกแสดงขึ้นมา จากนั้นสถานะจะถูกย้ายไปเป็นสถานะ onResume แต่ถ้า Activity นั้นไม่สามารถทำงานได้ด้วยเหตุผลบางประการ สถานะจะถูกย้ายไปเป็นสถานะ onStop

2.3.7.3 onRestart() ส่วนนี้เป็นการระบุว่า Activity นั้นจะถูกแสดงขึ้นมาอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะตามมาด้วยสถานะ onStart()

2.3.7.4 onResume() ส่วนนี้จะถูกเรียกเมื่อ Activity นั้นๆมีการติดต่อปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน เช่น นักพัฒนาต้องการเรียก Activity นั้นให้ขึ้นมาทำงานอีกรอบหนึ่ง หลังจากที่ Activity นั้นอยู่ในสถานะ onPause()

2.3.7.5 onPause() ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้เมื่อ Activity นั้นๆจะถูกเปลี่ยนไปเป็นการทำงานทางเบื้องหลัง (Background)

2.3.7.6 onStop() ส่วนนี้จะถูกเรียกใช้งานเมื่อผู้ใช้ไม่ต้องทำงาน Activity นั้นๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ซึ่งจะตามสถานะ onStart() เมื่อต้องการกลับมาทำ Activity นั้นอีกครั้ง หรือตามด้วยสถานะ onDestroy() เมื่อต้องการปิด Activity นั้นๆ

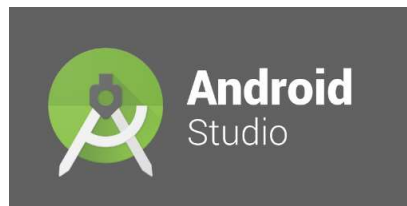
2.3.7.7 onDestroy() ส่วนนี้จะถูกเรียกเมื่อมีการปิดการทำงานของแต่ละ Activity (จักรชัย โสอินทร์ : 2555 )

## 2.4 โปรแกรมที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชัน

### Android Studio

Google บริษัทผู้ผลิตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เป็นผู้สร้างโปรแกรมนี้ขึ้นมาเพื่อการพัฒนาแอปพลิเคชันบนพื้นฐานแนวคิด IntelliJ IDEA คล้ายกับโปรแกรม Eclipse

โปรแกรมนี้มีความสะดวกสบายที่สามารถรวบรวมหลายๆ โปรแกรมไว้ในที่เดียวเช่น เมื่อกำลังเขียนโค้ดก็สามารถที่จะแสดงผลได้ทันทีโดยลดขั้นตอนในการ simulator ผ่านโปรแกรม Emulator เพื่อเป็นลดความยุ่งยากไปนั่นเอง

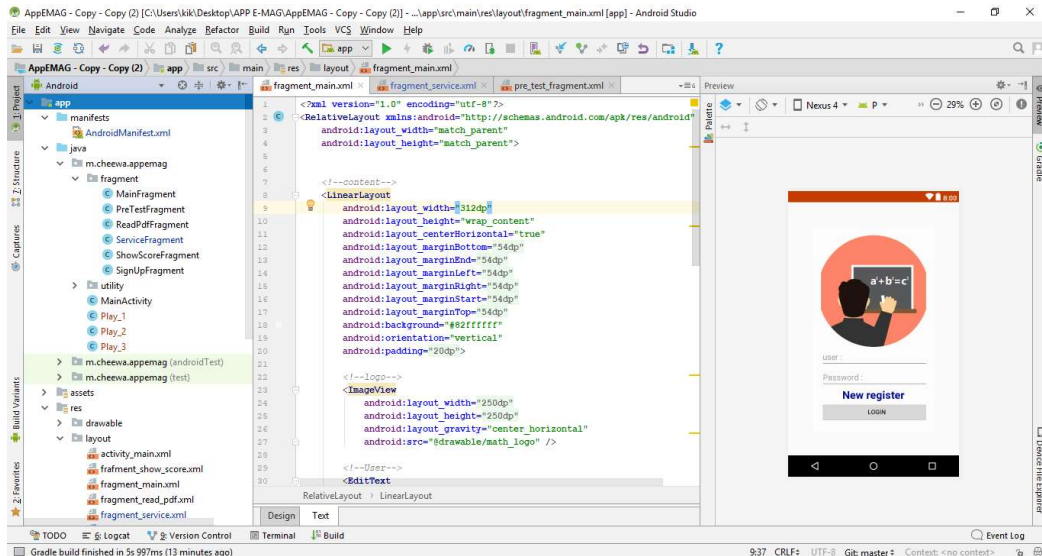


ภาพที่ 2.8 ไอคอนโปรแกรม Android Studio

ข้อเด่นอีกอย่างของโปรแกรม Android Studio คือยังรองรับ platform google cloud เพื่อง่ายต่อการรวม Google Cloud Messaging และ แอปพลิเคชัน Engine



ภาพที่ 2.9 สัญลักษณ์แอนดรอยด์



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม Android Studio

## 2.5 อุปกรณ์รองรับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ แท็บเล็ต คอมพิวเตอร์ เน็ตบุ๊ก ทำงานบนลินุกซ์ เคอร์เนล เริ่มพัฒนาโดยบริษัทแอนดรอยด์ (Android Inc.) จากนั้นบริษัทแอนดรอยด์ถูกซื้อโดยกูเกิล และนำแอนดรอยด์ไปพัฒนาต่อ ภายหลังจากพัฒนาในนามของ Open Handset Alliance ทางกูเกิลได้เปิดให้นักพัฒนาสามารถแก้ไขโค้ดต่าง ๆ ด้วยภาษาจาวา และควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางชุด Java libraries ที่กูเกิลพัฒนาขึ้น

**2.5.1 โทรศัพท์มือถือแอนดรอยด์** หมายถึง โทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ตโฟนซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยบางรุ่นเน้นการใช้งานผ่านจอสัมผัสแต่เพียงอย่างเดียว หรือบางรุ่นอาจจะสั่งงานผ่านจอสัมผัส ร่วมกับคีย์บอร์ดในตัวด้วยก็ได้เช่นกัน



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างโทรศัพท์มือถือแอนดรอยด์

**2.5.2 แท็บเล็ต (Tablet)** หมายถึง อุปกรณ์สมาร์ตดีไวซ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ในขณะเคลื่อนที่ได้ขนาดกลางและใช้หน้าจอสัมผัสในการทำงานเป็นอันดับแรก มีคีย์บอร์ดเสมือนจริงหรือปากกาดิจิตอลในการใช้งานแทนที่แป้นพิมพ์คีย์บอร์ด และมีความหมายครอบคลุมถึงโน้ตบุ๊กแบบ convertible ที่มีหน้าจอแบบสัมผัสและมีแป้นพิมพ์คีย์บอร์ดติดมาด้วยไม่ว่าจะเป็นแบบหมุนหรือแบบสไลด์ก็ตามซึ่งมีหน้าจอสัมผัสขนาดใหญ่ตั้งแต่ 7 นิ้วขึ้นไป รูปลักษณ์ภายนอกคล้ายกระดานชนวน หรือหนังสือเล่มบาง ๆ เหมาะสำหรับการเปิดดูหนังสือ, เปิดดูเว็บไซต์ หรือเปิดดูภาพยนตร์มากเป็นพิเศษ



ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างแท็บเล็ตแอนดรอยด์

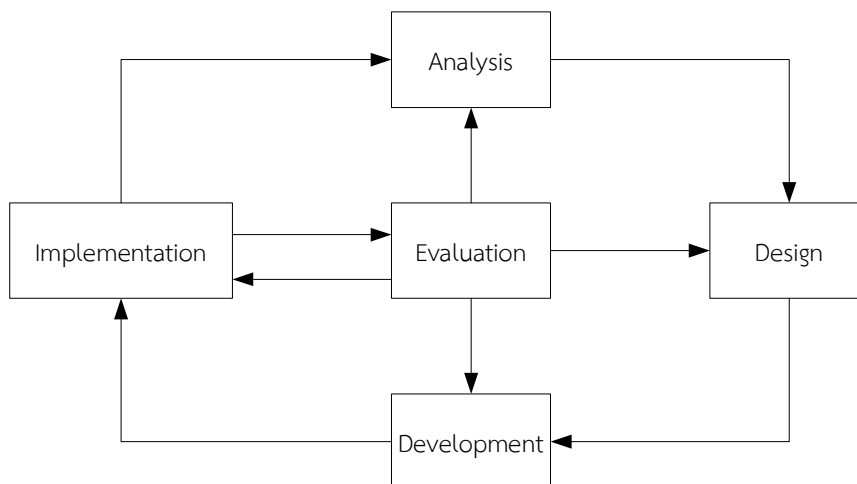
**2.5.3 คอมพิวเตอร์ (Android on PC)** หมายถึง คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มาพร้อมกับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์หรือที่เราเรียกกันว่า Android Mini PC เริ่มเป็นที่นิยมในหมู่ผู้ใช้แอนดรอยด์ด้วยประสิทธิภาพที่ดูดีพอตัวและพกพาได้สะดวก เพียงแค่มีจอกับสายเชื่อมต่อก็สามารถใช้งานคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Android on PC คล้ายๆกับแท่ง USB (มีขนาดใหญ่กว่าเล็กน้อย) โดยจะมีให้เลือกในหลาย Spec ทั้งแรม และความสามารถในการเชื่อมต่อ อื่น ๆ โดยทั่วไปมักมาพร้อมกับ USB port, mini USB port, Mini-HDMI port (เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับโทรทัศน์ได้) และมี Wifi, Bluetooth เพื่อทำการเชื่อมต่อกับmouse & keyboard



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่าง Android on PC

## 2.6 หลักการออกแบบบทเรียนตามกรอบแนวความคิดของ ADDIE MODEL

ADDIE MODEL หมายถึง การออกแบบระบบการเรียนการสอน กล่าวคือ กระบวนการพัฒนาโปรแกรมการสอนจากจุดเริ่มต้น จนถึงจุดสิ้นสุดมีแบบจำลองจำนวนมากมายที่นักออกแบบการสอนใช้ และสำหรับตามความประสงค์ทางการสอนต่าง ๆ กระบวนการออกแบบการเรียนการสอนแบบ ADDIE สามารถสรุปเป็นขั้นตอนทั่วไปได้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้ (Seels and Glasgow, 1998:12)



ภาพที่ 2.14 ความสัมพันธ์ของรูปแบบ ADDIE MODEL

### 2.6.1 การวิเคราะห์ (Analysis)

ขั้นตอนการวิเคราะห์เป็นรากฐานสำหรับขั้นตอนการออกแบบการสอนขั้น ตอนอื่นๆ ในระหว่างขั้นตอนนี้ คุณจะต้องระบุปัญหา, ระบุแหล่งของปัญหา และวินิจฉัยคำตอบที่ทำได้ ขั้นตอนนี้ อาจประกอบด้วยเทคนิคการวินิจฉัยเฉพาะ เช่น การวิเคราะห์ความต้องการ ความจำเป็นการวิเคราะห์

วิเคราะห์งาน การวิเคราะห์ภารกิจ ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้มักประกอบด้วย เป้าหมาย และ รายการภารกิจที่จะสอน ผลลัพธ์เหล่านี้จะถูกนำไปยังขั้นตอนการออกแบบต่อไป

### 2.6.2 การออกแบบ (Design)

ขั้นตอนการออกแบบเกี่ยวข้องกับการใช้ผลลัพธ์จากขั้นตอนการวิเคราะห์ เพื่อวางแผนกลยุทธ์สำหรับพัฒนาการสอน ในระหว่างขั้นตอนนี้คุณจะต้องกำหนดโครงสร้างวิธีการให้บรรลุถึงเป้าหมายการสอน ซึ่งได้รับการวินิจฉัยในระหว่างขั้นตอนการวิเคราะห์ และขยายผลสารัตถะการสอน ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

2.6.2.1 การออกแบบ Courseware (การออกแบบบทเรียน) ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา แบบทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) สื่อ กิจกรรม วิธีการนำเสนอและแบบทดสอบหลังบทเรียน (Post-test)

2.6.2.2 การออกแบบผังงาน (Flowchart) และการออกแบบบทดำเนินเรื่อง (Storyboard)

2.6.2.3 การออกแบบหน้าจอภาพ (Screen Design) การออกแบบหน้าจอภาพ หมายถึง การจัดพื้นที่ของจอภาพเพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหา ภาพ และส่วนประกอบอื่นๆ ที่ต้องพิจารณา มีดังนี้

2.6.2.3.1 การกำหนดความละเอียดภาพ (Resolution)

2.6.2.3.2 การจัดพื้นที่แต่ละหน้าจอภาพในการนำเสนอ

2.6.2.3.3 การเลือกรูปแบบและขนาดของตัวอักษรทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2.6.2.3.4 การกำหนดสีได้แก่สีของตัวอักษร (Font Color) สีของฉากหลัง (Background) สีของส่วนอื่น ๆ

2.6.2.3.5 การกำหนดส่วนอื่นๆ ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้บทเรียน

### 2.6.3 การพัฒนา (Development)

ขั้นตอนการพัฒนาสร้างขึ้นบนขั้นตอนการวิเคราะห์และการออกแบบ จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ สร้างแผนการสอนและสื่อของบทเรียน ในระหว่างขั้นตอนนี้คุณจะต้องพัฒนาการสอน และสื่อทั้งหมดที่ใช้ในการสอน และเอกสารสนับสนุนต่าง ๆ สิ่งเหล่านี้อาจจะประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ เช่น เครื่องมือสถานการณ์จำลอง และซอฟต์แวร์ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วยรายละเอียดแต่ละส่วน ดังนี้

2.6.3.1 การเตรียมการ เกี่ยวกับองค์ประกอบดังนี้ ข้อความ ภาพ เสียง โปรแกรมจัดการบทเรียน

2.6.3.2 การสร้างบทเรียน หลังจากได้เตรียมข้อความ ภาพ เสียง และส่วนอื่น เรียบร้อยแล้วขั้น ต่อไปเป็นการสร้างบทเรียน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จัดการเพื่อเปลี่ยน Story board ให้กลายเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.6.3.3 การสร้างเอกสารประกอบการเรียน หลังจากสร้างบทเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นต่อไปจะเป็นการตรวจสอบและทดสอบความสมบูรณ์ขั้นต้นของบทเรียน

#### 2.6.4 การนำไปใช้ (Implementation)

เป็นขั้นตอนการดำเนินการให้เป็นผล จุดมุ่งหมายของขั้นตอนนี้คือ การนำส่งการสอนอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ขั้นตอนนี้จะต้องให้การส่งเสริมความเข้าใจของผู้เรียนในสารปัจจัยต่างๆ สนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนในวัตถุประสงค์ต่าง ๆ และเป็นหลักประกันในการถ่ายโอนความรู้ของผู้เรียนจากสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไปยังการทำงานได้ เป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปใช้ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของบทเรียนในขั้นต้น หลังจากนั้น จึงทำการปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน และนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิภาพ

#### 2.6.5 การประเมินผล (Evaluation)

เป็นขั้นตอนสุดท้าย เพื่อประเมินผลบทเรียนและนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้บทเรียนที่มีคุณภาพ โดยการให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบ และแปลผลคะแนนที่ได้ สรุปเป็น ประสิทธิภาพของบทเรียนต่อไป

ขั้นตอนดังกล่าวอาจจะดูเป็นหลักการที่กว้าง แต่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งบทเรียน สำหรับการเรียนการสอนแบบปกติและบทเรียนมัลติมีเดีย เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียนมัลติมีเดียที่ใช้เป็นหลักพิจารณาทั่วไปคือ การทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกใกล้เคียงกับการเรียนรู้โดยผู้สอนในชั้นเรียน โดยปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน (สุภาวดี แซ่อู๋, 2559)

## 2.7 นวัตกรรมและสื่อการเรียนการสอน

#### 2.7.1 นวัตกรรม (Innovation)

นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง การทำสิ่งใหม่ ๆ หรือการทำสิ่งใหม่ขึ้นมา ซึ่งมาจากคำภาษาอังกฤษว่า Innovate และมาจากคำว่า Innovare ซึ่งหมายถึง to renew, to modify อาจแปลความหมายได้ว่าทำใหม่หรือเปลี่ยนแปลงสิ่งใหม่ ๆ เข้ามานอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาให้คำนิยามต่าง ๆ ไว้ดังนี้

Thomas Hughes ได้ให้ความหมายของคำว่า “นวัตกรรม” ว่าเป็นการนำวิธีการใหม่ ๆ มาปฏิบัติหลังจากได้ผ่านการทดลองหรือได้รับการพัฒนามาเป็นขั้น ๆ แล้ว โดยเริ่มมาตั้งแต่การคิดค้น การ

พัฒนาอาจมีการทดลองปฏิบัติก่อน (Pilot project) แล้วจึงนำไปปฏิบัติจริง ซึ่งแตกต่างไปจากการปฏิบัติเดิมที่เคยปฏิบัติมา

มอร์ตัน (J.A. Morton, 1971) กล่าวว่า “นวัตกรรม” หมายถึง การปรับปรุงของเก่าให้ใหม่ขึ้นและพัฒนาศักยภาพของบุคลากร ตลอดจนหน่วยงานหรือองค์กรนั้น นวัตกรรมไม่ใช่การจัดหรือล้มล้างสิ่งเก่าให้หมดไป (อ้างอิงจาก <http://eduweb.kpru.ac.th/wbi/index.php/menu-technology-for-teachers-1-1>)

จากความหมายของคำว่า “นวัตกรรม” ที่มีการให้ความหมายไว้ในหลากหลายมิติแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า นวัตกรรมหมายถึงการปรับปรุงของเก่าและการนำวิธีการใหม่ ๆ ผ่านการทดลองหรือได้รับการพัฒนามาเป็นขั้น ๆ แล้ว โดยเริ่มมาตั้งแต่การคิดค้น การพัฒนาอาจมีการทดลองปฏิบัติก่อน เพื่อเพิ่มศักยภาพให้กับบุคลากรและหน่วยงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นไปเรื่อย ๆ

### 2.7.2 สื่อการเรียนการสอน (Instructional Media)

สื่อ (Media/Medium) หมายถึง สิ่งใดก็ตามที่บรรจุข้อมูลสารสนเทศหรือเป็นตัวกลางข้อมูลส่งผ่านจากผู้ส่งหรือแหล่งส่งไปยังผู้รับเพื่อให้ผู้ส่งและผู้รับสามารถสื่อสารกันได้ตรงตามวัตถุประสงค์ในการเล่าเรียน

สื่อการสอน หมายถึง สิ่งใดก็ตามไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิดีโอ โทรทัศน์ วีดิทัศน์ แผนภูมิ รูปภาพ ฯลฯ ซึ่งเป็นวัสดุบรรจุเนื้อหาเกี่ยวกับการเรียนการสอน หรือเป็นอุปกรณ์เพื่อถ่ายทอดเนื้อหา สิ่งเหล่านี้เป็นวัสดุอุปกรณ์ทางกายภาพที่นำมาใช้เทคโนโลยีการศึกษาเป็นสิ่งที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางทำให้การสอนส่งไปถึงผู้เรียน

สื่อการสอนถือว่ามีบทบาทมากในการเรียนการสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากเป็นตัวกลางที่ช่วยให้การสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพในการใช้สื่อการสอนนั้นผู้สอนจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะ คุณสมบัติของสื่อแต่ละชนิดเพื่อเลือกสื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์การสอนและสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนโดยต้องการวางแผนอย่างเป็นระบบในการใช้สื่อด้วย ทั้งนี้เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ (กิดานันท์ มลิทอง, 2548)

### 2.7.3 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนรู้อาจจำแนกออกตามลักษณะได้เป็น 3 ประเภท คือ

(1) สื่อสิ่งพิมพ์ หมายถึง หนังสือและเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่แสดงหรือเรียบเรียงสาระความรู้ต่าง ๆ โดยใช้ตัวหนังสือที่เป็นตัวเขียน หรือตัวพิมพ์เป็นสื่อในการแสดงความหมาย สื่อสิ่งพิมพ์มีหลายชนิด ได้แก่ เอกสาร หนังสือเรียน หนังสือพิมพ์ นิตยสาร วารสาร บันทึกรายงาน ฯลฯ

(2) สื่อเทคโนโลยี หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่ผลิตขึ้นใช้ควบคู่กับเครื่องมือโสตทัศนวัสดุ โสตทัศนวัสดุ หรือเครื่องมือที่เป็น เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น แถบบันทึกภาพพร้อมเสียง (วีดิทัศน์) แถบ

บันทึกเสียง ภาพนิ่ง สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นอกจากนี้สื่อเทคโนโลยี ยังหมายรวมถึงกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ เช่น การใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อการเรียนรู้ การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม เป็นต้น

(3) สื่ออื่น ๆ นอกเหนือจากสื่อ 2 ประเภทที่กล่าวไปแล้ว ยังมีสื่ออื่น ๆ ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าสื่อสิ่งพิมพ์และสื่อเทคโนโลยี สื่อที่กล่าวนี้ได้แก่

(3.1) บุคคล หมายถึง บุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ ความผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาต่าง ๆ ซึ่งสามารถถ่ายทอด สาระความรู้ แนวคิดและ ประสบการณ์ไปสู่บุคคลอื่น เช่น บุคลากรในท้องถิ่น แพทย์ ตำรวจ นักธุรกิจ เป็นต้น

(3.2) ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หมายถึง สิ่งมีอยู่ตามธรรมชาติและสภาพแวดล้อมตัวผู้เรียน เช่น พืชผักผลไม้ ปรากฏการณ์ ห้องปฏิบัติการ เป็นต้น

(3.3) กิจกรรม / กระบวนการ หมายถึง กิจกรรมหรือกระบวนการที่ผู้สอนและผู้เรียนกำหนดขึ้นเพื่อสร้างเสริม ประสบการณ์การเรียนรู้ ใช้ในการฝึกทักษะซึ่งต้องใช้กระบวนการคิด การปฏิบัติ การเผชิญสถานการณ์และ การประยุกต์ความรู้ของผู้เรียน เช่น บทบาทสมมติ การสาธิต การจัดนิทรรศการ การทำโครงการ เกม เพลง เป็นต้น

(3.4) วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ หมายถึง วัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้นใช้เพื่อประกอบการเรียนรู้ เช่น หุ่นจำลอง แผนภูมิ แผนที่ ตาราง สถิติ รวมถึงสื่อประเภทเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการปฏิบัติงานต่าง ๆ เช่น อุปกรณ์ทดลองวิทยาศาสตร์ เครื่องมือช่าง เป็นต้น (อ้างอิงจาก [http://www.st.ac.th/av/media\\_kind.htm](http://www.st.ac.th/av/media_kind.htm))

## 2.7.4 การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน

2.7.4.1 แนวคิดทฤษฎีการเลือกสื่อการสอนของโรมิสซอว์สกี (J. Romiszowski 1999: 6-12) ได้เสนอแนวทางอย่างง่ายในการพิจารณาเลือกใช้สื่อการสอนไว้ว่า ในการเลือกสื่อการสอนนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการเลือกสื่อที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ปัจจัยเหล่านั้น ได้แก่

(1) วิธีการสอน (Instructional Method) การเลือกวิธีการสอนเป็นปัจจัยแรกที่ควบคุมการเลือกสื่อ หรืออย่างน้อยที่สุดก็เป็นสิ่งที่จำกัดทางเลือกของการใช้สื่อการสอนในการนำเสนอ เช่น ถ้าเลือกใช้วิธีการสอนแบบอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion) เพื่อแบ่งปันประสบการณ์ซึ่งกันและกันระหว่างผู้เรียน ย่อมเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดว่า การเลือกใช้เทปเสียง หรือ ใช้โทรทัศน์ย่อมไม่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากสื่อดังกล่าวมีข้อจำกัดในเรื่องของการให้ผลย้อนกลับ หรือการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เป็นต้น

(2) งานการเรียนรู้ (Learning Task) สิ่งที่มีอิทธิพลต่อทางเลือกในการเลือกสื่อการสอนอีกประการหนึ่งคือ งานการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน เพราะสิ่งนี้จะป็นสิ่งที่จำกัดหรือควบคุมการเลือกวิธีการสอน ตัวอย่างเช่น การฝึกอบรมผู้ตรวจการ หรือทักษะการบริหารงาน ซึ่งมักจะนิยมใช้วิธีการสอนแบบการอภิปรายกลุ่ม เพื่อผู้ตรวจการแต่ละคนแบ่งปันประสบการณ์ของตนกับผู้เข้ารับ

การอบรมอื่นๆ การใช้กรณีศึกษาซึ่งนำเสนอด้วยภาพยนตร์ ก็เป็นตัวอย่างทางเลือกหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เลือกจากวิธีการสอน

(3) ลักษณะของผู้เรียน (Learner Characteristics) ลักษณะพิเศษเฉพาะของผู้เรียนก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อการเลือกสื่อการสอน ตัวอย่างเช่น การสอนผู้เรียนที่เรียนรู้ได้ช้า โดยการใช้หนังสือหรือเอกสารเป็นสื่อการสอน จะเป็นสิ่งที่ยิ่งทำให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา ในกระบวนการเรียนการสอน ผู้เรียนกลุ่มนี้ควรเรียนรู้จากสื่ออื่นๆ ที่ทำการรับรู้และเรียนรู้ได้ง่ายกว่านั้น

(4) ข้อจำกัดในทางปฏิบัติ (Practical Constraint) ข้อจำกัดในทางปฏิบัติในที่นี้ หมายถึง ข้อจำกัดทั้งทางด้านการจัดการ และทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อทางเลือกในการเลือกใช้วิธีการสอนและสื่อการสอน เช่น สถานที่ใช้สื่อการสอน สิ่งอำนวยความสะดวก ขนาดพื้นที่ งบประมาณ เป็นต้น

(5) ผู้สอนหรือครู (Teacher) สื่อการสอนแต่ละชนิดไม่ว่าจะมีข้อดีอย่างไร แต่อาจไม่ถูกนำไปใช้เพียงเพราะผู้สอนไม่มีทักษะในการใช้สื่อเหล่านั้น นอกจากประเด็นในเรื่องทักษะของผู้สอนแล้ว ประเด็นในเรื่องทัศนคติของผู้สอนก็เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเลือกสื่อการสอนเช่นกัน

2.7.4.2 แนวคิดทฤษฎีการเลือกสื่อการสอนของเคมป์และสมเมลโล (Kemp, Jerrold E. and Smellie. Don C., 1989: 120) เสนอว่า นอกจากงานการเรียนรู้หรือสถานการณ์การเรียนรู้ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่กำหนดถึงสื่อที่จะเลือกใช้แล้ว สิ่งสำคัญประการต่อมาในการพิจารณาเลือกใช้สื่อการสอนคือ คุณลักษณะของสื่อ ซึ่งผู้สอนควรศึกษาคุณลักษณะของสื่อแต่ละชนิดประกอบในการเลือกสื่อการสอนด้วย

คุณลักษณะของสื่อ (Media Attributes) หมายถึง ศักยภาพของสื่อในการแสดงออกซึ่งลักษณะต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหว สี และเสียง เป็นต้น คำถามพื้นฐานในการเลือกสื่อคือ “คุณลักษณะของสื่อแบบใดที่จำเป็นสำหรับสถานการณ์การเรียนรู้ในแบบที่กำหนดให้” คุณลักษณะของสื่อที่สำคัญ ได้แก่

- (1) การแสดงแทนด้วยภาพ เช่น ภาพถ่าย ภาพกราฟิก
- (2) ปัจจัยทางด้านขนาด เช่น การใช้/ไม่ใช้เครื่องฉายเพื่อขยายขนาด
- (3) ปัจจัยทางด้านสี เช่น สีเส้นต่างๆ ขาว-ดำ
- (4) ปัจจัยทางการเคลื่อนไหว เช่น ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว
- (5) ปัจจัยทางด้านภาษา เช่น ข้อความ/ตัวอักษร เสียงพูด
- (6) ความสัมพันธ์ของภาพและเสียง เช่น ภาพที่มี/ไม่มีเสียงประกอบ
- (7) ปัจจัยทางการจัดระเบียบ

## 2.8 การวัดและประเมินผลสื่อการเรียนการสอน

### 2.8.1 การหาคุณภาพของแอปพลิเคชันด้านเนื้อหา

ในการสร้างสื่อการเรียนการสอนเพื่อใช้งานจริงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบหาคุณภาพของแอปพลิเคชันด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ก่อนจึงจะสามารถนำสื่อการเรียนการสอนนั้นมาใช้จริงในชั้นเรียนและเมื่อคุณภาพผ่านเกณฑ์แล้วนั้นก็ส่งผลกระทบต่อคุณภาพในการเรียนการสอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียนอีกด้วย

### 2.8.2 การหาคุณภาพของแอปพลิเคชันด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

การหาคุณภาพของแอปพลิเคชันด้านเทคนิคการผลิตสื่อต้องอาศัยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

2.8.2.1 เพื่อการพิจารณารูปแบบการนำเสนอ หน้าจอ พื้นหลัง ตัวอักษร เสียงประกอบ เสียงบรรยาย ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอและวิดีโอทัศน์

2.8.2.2 เพื่อพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างเนื้อหาบทเรียน กิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบ

2.8.2.3 เพื่อพิจารณาความสมบูรณ์ของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรืองเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

โดยผู้ทรงคุณวุฒิในลักษณะนี้ เรียกว่าการหาค่าดัชนีความสอดคล้องเรียกว่าการหาค่า IOC (Index of Item-objective Congruence)

สูตรหาค่า IOC (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2530:117)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.1)$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$  คือ ผลรวมของคะแนนการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินคุณภาพที่ต้องการให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อหาค่า IOC ของผู้ทรงคุณวุฒิกำหนดเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ให้ 5 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ให้ 4 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับดี

ให้ 3 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง

ให้ 2 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้

ให้ 1 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับควรปรับปรุง

นำผลการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิจากทั้งสองด้านมาพิจารณาค่า IOC โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล และผลการประเมินดังนี้โดยใช้หลัก John W. Best

คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง แอปพลิเคชันอยู่ในระดับคุณภาพดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง แอปพลิเคชันอยู่ในระดับคุณภาพดี

คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง แอปพลิเคชันอยู่ในระดับคุณภาพปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง แอปพลิเคชันอยู่ในระดับคุณภาพพอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง แอปพลิเคชันอยู่ในระดับคุณภาพควรปรับปรุง

### 2.8.3 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ

การหาคุณภาพของแบบทดสอบจึงเป็นกระบวนการที่ต้องดำเนินการอย่างรอบคอบและอาจจะต้องทำการทดสอบซ้ำ ๆ หลายครั้งจนกว่าจะได้แบบทดสอบที่เป็นมาตรฐานและมีจำนวนข้อเพียงพอกับความต้องการคุณภาพของแบบทดสอบเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สำคัญจำนวน 5 องค์ประกอบ ดังนี้ (วิญญา วิชาลาภรณ์. 2531: 118 - 124)

2.8.3.1 ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง ความถูกต้องของแบบทดสอบในสิ่งที่ต้องการจะวัดหรือความถูกต้องแม่นยำที่แบบทดสอบวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นความสามารถของแบบทดสอบที่จะสะท้อนความหมายที่แท้จริงของแนวคิดที่ต้องการศึกษาออกมาได้อย่างสมบูรณ์และถูกต้องแบบทดสอบจะไม่ได้มีความเที่ยงตรงโดยตัวเองแต่จะมีความเที่ยงตรงในจุดมุ่งหมายเฉพาะกับกลุ่มที่ต้องการวัดเท่านั้น

(1) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ระดับความสามารถของแบบทดสอบที่วัดในเนื้อหาที่ต้องการจะวัด เช่น หากต้องการวัดเรื่องความสนใจข้อคำถามในแบบทดสอบหรือข้อสอบก็ต้องเป็นเรื่องของความสนใจ

โดยการพิจารณาว่าเนื้อหาของแบบทดสอบสะท้อนแนวความคิดที่ตามที่ต้องการหรือไม่ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจึงมีความสำคัญยิ่งในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการวัดผลการเรียนการสอนที่ใช้แบบทดสอบไม่ตรงหรือไม่ครอบคลุมเนื้อหาที่เรียนจึงเป็นการวัดผลที่ขาดความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

การทดสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาทำได้โดยพิจารณาจากกระบวนการสร้างแบบทดสอบหรือข้อสอบว่าวัดได้จริงตามที่ต้องการจะวัดหรือไม่หรือโดยการตรวจสอบคำตอบกับข้อเท็จจริงที่ปรากฏ เช่น การสังเกตจากพฤติกรรมที่เกิดขึ้นว่าสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ตอบในแบบทดสอบหรือไม่

(2) ความตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตามลักษณะคุณสมบัติ ทฤษฎีและประเด็นต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น โครงสร้างเป็น

เป็นคุณลักษณะที่อธิบายพฤติกรรมต่าง ๆ โดยแท้จริงแล้วโครงสร้างคือสิ่งที่ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่ออธิบายพฤติกรรมเช่นโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ประกอบไปด้วยหน่วยรับข้อมูลหน่วยแสดงผลข้อมูลและหน่วยประมวลผลกลาง เป็นต้น

การหาค่าดัชนีความเหมาะสมระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม อาศัยดุลยพินิจของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาเครื่องหมายดังกล่าวทีละข้อ โดยให้คะแนนดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
- 1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

บันทึกผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อแล้วนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องหรือ IOC (Index of Item-objective Congruence) ข้อสอบที่ถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี สามารถนำไปวัดผลได้จะต้องมีค่า IOC เกินกว่า 0.5 เป็นต้นไป

2.8.3.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ความคงที่ ความมั่นคง หรือความสม่ำเสมอของผลการวัด เช่น ถ้านำแบบทดสอบไปวัดสิ่งเดียวกันสองครั้งแล้วได้ผลไม่แตกต่างกันถือว่ามีความคงที่ของผลคะแนนที่ได้สูงอีกกรณีหนึ่งก็คือถ้าให้ทำแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้งในเวลาต่างกันและได้คะแนนเกือบเท่ากันทั้งสองครั้งก็จะหมายความว่าแบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่นสูงค่าของความเชื่อมั่นแสดงเป็นตัวเลขที่มีค่าไม่เกิน 1.00 หรือ 100% ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์ (Coefficient) ถ้าแบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์สูงก็แสดงว่ามีความเชื่อมั่นสูง

การทดสอบโดยวิธีหาความคงที่ภายในโดยใช้ KR-20 สำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 นั้น มิได้หาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์แต่เป็นการทดสอบว่าแบบทดสอบแต่ละข้อมีความสัมพันธ์กับข้อ อื่น ๆ ในฉบับเดียวกันหรือไม่และมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบทั้งฉบับอย่างไร โดยใช้สูตร KR-20 ก็ได้ซึ่งค่าที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้เช่นเดียวกันปัญหาของการทดสอบโดยวิธีการหาความคงที่ภายในก็คือจะต้องแปลงผลคำตอบก่อนนำไปแทนค่าในสูตรโดยกำหนดให้ข้อที่ตอบถูกมีค่าเท่ากับ 1 และตอบผิดมีค่าเท่ากับ 0 จึงมีข้อจำกัดในการใช้งานที่ใช้ได้เฉพาะแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) หรือแบบทดสอบอื่น ๆ ที่ให้คะแนนเป็น 0 และ 1 เท่านั้น สำหรับสูตร KR – 20 มีดังนี้ (พรวิริ ลีกิจ วัฒนะ, 2558 : 199)

สูตรการหาค่าความคงที่ภายใน KR-20

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right] \quad (2.2)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

$n$  คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ (ไม่ควรน้อยกว่า 20 ข้อ)

$p$  คือ อัตราส่วนของผู้เรียน

$q$  คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบข้อนี้ผิด (เท่ากับ  $1 - p$ )

$s$  คือ ความแปรปรวนของคะแนนที่สอบได้ทั้งหมด

สูตรหาค่าความแปรปรวน

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $S$  คือ ค่าความแปรปรวน

$X$  คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนรวมทั้งหมด

$N$  คือ จำนวนผู้เรียน

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความเชื่อมั่น

ค่าความเชื่อมั่น	ระดับความเชื่อมั่น	การแปลความหมาย
0.80 - 1.00	สูงมาก	ใช้ได้ดีมาก
0.70 - 0.79	สูง	ใช้ได้ดี
0.50 - 0.69	ปานกลาง	พอใช้
0.30 - 0.49	ต่ำ	ไม่ควรใช้
ต่ำกว่า 0.30	ต่ำมาก	ใช้ไม่ได้

2.8.3.3 ความยากง่าย (Difficulty) หมายถึง ระดับความยากง่ายของแบบทดสอบหรือข้อสอบโดยปกติแบบทดสอบที่ควรรหาค่าความยากง่ายนั้นจะเป็นแบบทดสอบที่วัดทางด้านสติปัญญา (Cognitive Domain) ของผู้เรียน เช่น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบวัดความถนัด เป็นต้นแบบทดสอบประเภทนี้จะต้องมีคุณภาพทางด้านความยากง่าย ( $P$ ) พอเหมาะกล่าวคือผู้เรียนจะต้องทำได้ถูกต้อง 50% และทำผิด 50 % หรือคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับ .50 ( $P$  คือ .50) แต่การที่จะออกแบบทดสอบให้มีค่าความยากง่ายพอดีคือ  $P$  คือ .50 นั้นเป็นเรื่องยากมากจะต้องนำไปทดสอบซ้ำหลายครั้งและทำการปรับปรุงจนกว่าข้อสอบในแบบทดสอบมีค่าระดับความยากง่ายใกล้เคียงกับ  $P$  คือ .50 ในทางปฏิบัติข้อคำถามที่ถือว่ามีความยากง่ายใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง .20 - .80 ถ้า  $P$  มีค่าต่ำกว่า .20 ถือว่าข้อคำถามนั้นยากเกินไปแต่ถ้าค่า  $P$  สูงกว่า .80 แสดงว่าง่ายเกินไปค่าความยากง่ายจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญด้านคุณภาพของแบบทดสอบที่ใช้วัดทางด้านสติปัญญาโดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มักจะหาประสิทธิภาพของตัวบทเรียนด้วยคะแนนของผู้เรียนที่ทำได้จากแบบทดสอบก่อนและหลังบทเรียนแม้ว่าจะตั้งเกณฑ์ไว้สูงมากเช่น 95/95 หากแบบทดสอบที่ใช้

ตัดสินเกณฑ์ที่มีค่าความยากง่ายอยู่สูงเกินไป (P เกินกว่า .80) การที่จะเข้าถึงเกณฑ์กำหนดก็ไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไปซึ่งเป็นเรื่องที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้นแบบทดสอบที่ใช้ในการเรียนการสอนจึงต้องผ่านการหาค่าความยากง่ายมาก่อนและคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายพอเหมาะเพื่อนำไปใช้งาน

สูตรคำนวณหาค่าความยากง่าย

$$P = \frac{R}{N} \quad (2.4)$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

R คือ จำนวนผู้เรียนที่ตอบข้อคำถามข้อนั้นถูกต้อง

N คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

ความยากง่ายจัดว่าเป็นเกณฑ์การหาคุณภาพของแบบทดสอบหรือข้อสอบที่มีความหมายตรงตัวและหาได้ง่ายแต่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้โดยพิจารณาจากสัดส่วนของผู้ตอบถูกและตอบผิดหากแบบทดสอบข้อใดมีผู้ตอบผิดมากกว่าตอบถูกก็แสดงว่ายากหากตอบถูกมากกว่าตอบผิดก็แสดงว่าง่าย

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่าย		ระดับความยากง่าย	การแปลความหมาย
ร้อยละ (%)	สัดส่วน (p)		
81 - 100	0.81 - 1.00	ง่ายมาก	ไม่ควรใช้
61 - 80	0.61 - 0.80	ง่าย	ใช้ได้
40 - 60	0.40 - 0.60	ปานกลาง	ใช้ได้ดี
20 - 39	0.20 - 0.39	ยาก	ใช้ได้
0 - 19	0.00 - 0.19	ยากมาก	ไม่ควรใช้

จากตารางที่ 2.7 ข้อสอบที่ควรนำมาใช้ได้โดยมีค่าความยากง่ายอยู่ในระดับ 0.2 - 0.8 หรือที่ระดับความยากง่ายที่ง่ายไปจนถึงระดับยาก หากต้องการใช้ข้อสอบข้อนั้นจริงด้วยเหตุผลบางประการสามารถปรับปรุงข้อสอบเพื่อให้ความเหมาะสมมากขึ้น

2.8.3.4 อำนาจจำแนก (Discrimination) การใช้วิธีการตรวจให้คะแนนเริ่มจากนำแบบทดสอบที่ต้องการหาค่าอำนาจจำแนกไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างแล้วตรวจให้คะแนนจากนั้นจึงเรียงผลคะแนนที่ได้จากคะแนนสูงไปหาต่ำแล้วทำการคัดเลือกกลุ่มที่ได้คะแนนสูงออกมา 1/3 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเรียกว่ากลุ่มเก่งหรือกลุ่มสูงหลังจากนั้นจึงคัดเลือกกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำออกมา 1/3 ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเรียกว่ากลุ่มอ่อนหรือกลุ่มต่ำแล้วนำมาแทนค่าในสูตร

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนกแบบตรวจให้คะแนน

$$r = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (2.5)$$

เมื่อ  $r$  คือ ค่าอำนาจจำแนก

$R_U$  คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

$R_L$  คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

$N$  คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก	ระดับอำนาจจำแนก	แปลความหมาย
0.40 – 1.00	สูงมาก	ใช้ได้ดี
0.30 – 0.39	สูง	ใช้ได้ดี
0.20 – 0.29	ปานกลาง	ใช้ได้ดี
0.10 – 0.19	ต่ำ	ไม่ควรใช้
0.01 – 0.09	ต่ำมาก	ใช้ไม่ได้
0	ไม่มี	ใช้ไม่ได้
-1.00 – -0.01	กลับทิศทาง	ใช้ไม่ได้

จากตารางที่ 2.8 ข้อสอบที่ควรเลือกมาใช้ได้ควรเลือกที่มีค่าอำนาจจำแนกที่ระดับ 0.2 ขึ้นไป และอยู่ในระดับปานกลางไปจนถึงระดับสูงมาก หรือในการแปลความหมายคือสามารถใช้ได้ดีนั่นเอง ถ้าการคำนวณผลอำนาจจำแนกมีค่าน้อยกว่า 0.2 ลงไปหมายถึงไม่ควรใช้และไม่สามารถนำมาใช้งานได้

2.8.3.5 ความเป็นปรนัย (Objectivity) ความชัดเจนของแบบทดสอบที่ทุกคนอ่านแล้วตีความตรงกันรวมทั้งการตรวจให้คะแนนมีเกณฑ์ที่แน่นอนไม่ว่าผู้ใดจะเป็นผู้ตรวจก็ตามลักษณะของแบบทดสอบที่มีความเป็นปรนัยจึงเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบ 3 ประการได้แก่

- (1) ความแจ่มชัดในความหมายของแบบทดสอบ
- (2) ความแจ่มชัดในวิธีตรวจหรือมาตรฐานการให้คะแนน
- (3) ความแจ่มชัดในการแปลความหมายของคะแนน

แม้ว่าความเป็นปรนัยของแบบทดสอบจะไม่มีเครื่องมือหรือวิธีการที่แน่นอนในการบ่งชี้คุณภาพแต่การหาคุณภาพด้านนี้ของเครื่องมือจะหลีกเลี่ยงไม่ได้เนื่องจากการทำให้เกิดคุณภาพ

ทางด้านความเชื่อมั่นสูงและสร้างความเที่ยงตรงของการวัดนับตั้งแต่คำสั่งและเงื่อนไขในการทำแบบทดสอบรวมถึงข้อคำถามต่าง ๆ ต้องมีความชัดเจนว่าต้องการสิ่งใดคำตอบที่ต้องการเป็นอะไรไม่ว่าผู้ใดอ่านก็ตามจะเข้าใจตรงกันว่าถามอะไรและการตรวจให้คะแนนต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนนที่แน่นอนรวมทั้งการแปลความหมายของคะแนนที่ได้ต้องมีความชัดเจนโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบทดสอบที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองทั้งหมดความชัดเจนของแบบทดสอบที่ใช้จึงต้องผ่านการหาคุณภาพมาก่อนโดยผ่านการทดลองใช้เพื่อหาความเหมาะสมกับผู้เรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายโดยตรงหรือผ่านการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิมาก่อน

#### 2.8.4 การหาประสิทธิภาพสื่อการเรียนการสอน

การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำแบบประเมินสุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจ นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2526:490-497)

การใช้สูตรเมกยูแกนส์ (Meguigans) ได้เสนอแนวคิดในการหาประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ โดยการคำนวณหาประสิทธิภาพของบทเรียนจากผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนที่ทำได้จากสัดส่วนของคะแนนแบบทดสอบหลังบทเรียนกับแบบทดสอบก่อนเรียน

วิธีการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามแนวคิดของเมกยูแกนส์ เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในการประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นวิธีง่าย ๆ และแสดงค่าได้ชัดเจน ดังนี้

สูตรเมกยูแกนส์ (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต, 2528:284-286) หากใช้สูตรนี้คำนวณได้ค่ามากกว่า 1.00 ถือว่าสื่อการเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพได้มาตรฐานของเมกยูแกนส์

$$\text{Meguigans Ratio} = \frac{M_2 - M_1}{P - M_1} + \frac{M_2 - M_1}{P} \quad (2.6)$$

เมื่อ	$M_1$	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน
	$M_2$	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบหลังเรียน
	P	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาพื้นฐานที่ต้องอาศัยความเข้าใจที่ลึกซึ้งซึ่งเพราะสามารถนำความรู้ที่ได้ไปต่อยอดในเนื้อหาต่อ ๆ ไป ผู้วิจัยจึงเลือกการทดสอบผลต่างของคะแนนที่ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของเมกยูแกนส์สูตรของเมกยูแกนส์ มาใช้ในการวิจัยหาประสิทธิภาพของสื่อเพราะง่ายและได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าเชื่อถือได้

### 2.8.5 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้การสอน

เป็นการทดสอบถึงผลต่างของคะแนนที่ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ภายในกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2538: 104-106) ใช้สูตร t-test dependent ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}, (df = N - 1) \quad (2.7)$$

เมื่อ	t	คือ	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	คือ	ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
	N	คือ	จำนวนผู้เรียน

## 2.9 การหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียน

### 2.9.1 ความหมายของความพึงพอใจ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน (2542) ได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ว่า พึงพอใจ หมายถึง รัก ชอบใจ และพึงใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ

Carnpbell (1976: 117 – 124 อ้างถึงใน วาณี ทองเสวต, 2548) กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกภายในที่แต่ละคนเปรียบเทียบระหว่างความคิดเห็นต่อสภาพการณ์ที่อยากให้เป็นหรือคาดหวัง หรือรู้สึกว่าจะสมควรจะได้รับ ผลที่ได้จะเป็นความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจเป็นการตัดสินของแต่ละบุคคล

ธनिया ปัญญาแก้ว ( 2541 : 12 ) ได้ให้ความหมายว่า สิ่งที่ทำให้เกิดความพึงพอใจที่เกี่ยวกับลักษณะของงาน ปัจจัยเหล่านี้ไปสู่ความพอใจในงานที่ทำ ได้แก่ ความสำเร็จ การยกย่อง ลักษณะงาน ความรับผิดชอบ และความก้าวหน้า เมื่อปัจจัยเหล่านี้อยู่ต่ำกว่า จะทำให้เกิดความไม่พอใจงานที่ทำ ถ้าหากงานให้ความก้าวหน้า ความท้าทาย ความรับผิดชอบ ความสำเร็จและการยกย่องแก่ผู้ปฏิบัติงานแล้ว พวกเขาจะพอใจและมีแรงจูงใจในการทำงานเป็นอย่างมาก

กาญจนา อรุณสุขรุจี (2546) กล่าวว่า ความพึงพอใจของมนุษย์เป็นการแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและต้องมีสิ่งเร้าที่ตรงต่อความต้องการของบุคคล จึงจะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ ดังนั้นการสิ่งเร้าจึงเป็นแรงจูงใจของบุคคลนั้นให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น

วิรุฬ พรรณเทวี (2542: 11) ความพึงพอใจหมายถึง ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกภายในจิตใจของมนุษย์ที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งเป็นอยู่กับแต่ละบุคคลว่าจะคาดหวังกับสิ่งหนึ่ง สิ่งใดอย่างไร ถ้าคาดหวังหรือมีความตั้งใจมากและได้รับการตอบสนองด้วยดี จะมีความพึงพอใจมากแต่ในทางตรงกันข้ามอาจผิดหวังหรือไม่พึงพอใจเป็นอย่างยิ่ง เมื่อไม่ได้รับการตอบสนองตามที่คาดหวังไว้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนตั้งใจไว้ว่าจะมีมากหรือน้อย

ดังนั้นจากความหมายของความพึงพอใจดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ผลที่ได้จากการที่ประเมินความรู้สึกที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับเรียนเรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า จากแบบประเมินความพึงพอใจ

## 2.9.2 วิธีการหาความพึงพอใจ

สาโรช ไสยสมบัติ (2534 : 39) กล่าวถึง การวัดความพึงพอใจต่อการบริการว่า ความพึงพอใจต่อการบริการจะเกิดขึ้นได้หรือไม่นั้นจะต้องพิจารณาถึงลักษณะของการให้บริการขององค์กร ประกอบกับระดับความรู้สึกของผู้มารับบริการในมิติต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล ดังนั้นในการวัดความพึงพอใจต่อการบริการอาจจะกระทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้

2.9.2.1 การใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายวิธีหนึ่งโดยการขอร้องหรือขอความร่วมมือจากกลุ่มบุคคลที่ต้องการวัด แสดงความคิดเห็นลงในแบบฟอร์มที่กำหนดคำตอบไว้ให้เลือกตอบ หรือเป็นคำตอบอิสระโดยคำถามที่ถามอาจจะถามถึงความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ที่หน่วยงานกำลังให้บริการอยู่เช่น ลักษณะของการให้บริการ สถานที่ให้บริการ ระยะเวลาในการให้บริการ พนักงานที่ให้บริการ เป็นต้น

2.9.2.2 การสัมภาษณ์ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยเทคนิคและความชำนาญพิเศษของผู้สัมภาษณ์ที่จะจงใจให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบคำถามให้ตรงกับข้อเท็จจริงการวัดความพึงพอใจโดยวิธีการสัมภาษณ์นับว่าเป็นวิธีที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง

2.9.2.3 การสังเกต เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้โดยวิธีการสังเกตจากพฤติกรรมทั้งก่อนมารับบริการขณะรอรับบริการและหลังจากการได้รับบริการแล้ว เช่น การสังเกตกิริยาท่าทาง การพูด สีหน้าและความถี่ของการมาขอรับบริการ เป็นต้น

ดังนั้นผู้วิจัยเลือกใช้การวัดความพึงพอใจแบบการใช้แบบสอบถาม ผู้วัดจะต้องกระทำอย่างจริงจังและมีแบบแผนที่แน่นอนจึงจะสามารถประเมินถึงระดับความพึงพอใจของผู้ใช้บริการได้อย่างถูกต้อง โดยการสร้างแบบสอบถามที่มีเกณฑ์ให้คะแนนตามหลักการของ Likert, Rensis A. (1961) ดังนี้

ให้ 5 คะแนน หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด
ให้ 4 คะแนน หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจมาก
ให้ 3 คะแนน หมายถึง	มีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง

ให้ 2 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจน้อย  
 ให้ 1 คะแนน หมายถึง มีคุณภาพอยู่ในระดับพึงพอใจน้อยที่สุด  
 นำผลการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจมาพิจารณาหาค่าเฉลี่ย (ล้วน และอังคณา สายยศ 2538:73) จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (2.8)$$

เมื่อ  $\bar{X}$  คือ ค่าเฉลี่ย  
 $\sum X$  คือ ผลรวมของคะแนน  
 N คือ จำนวนทั้งหมด

และหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้วน และอังคณา สายยศ 2538:79) จากสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (2.9)$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $\sum X$  คือ ผลรวมของคะแนน  
 N คือ จำนวนทั้งหมด

โดยใช้เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล และผลการประเมินดังนี้โดยใช้หลัก John W. Best  
 คะแนนเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง พึงพอใจต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมากที่สุด  
 คะแนนเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง พึงพอใจต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมาก  
 คะแนนเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง พึงพอใจต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับปานกลาง  
 คะแนนเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง พึงพอใจต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับน้อย  
 คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง พึงพอใจต่อแอปพลิเคชันอยู่ในระดับน้อยที่สุด

## 2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้

วิไลพร ไชยสิทธิ์ (2554:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยในหัวข้อการพัฒนาแอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์แท็บเล็ตปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยแอป

พลีเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อแอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านจอมบึง (วาปีพร้อมประชาศึกษา) อ.จอมบึง จ.ราชบุรี จำนวน 30 คน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Sample Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย แอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์ แบบประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test Statistic) ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ด้าน คือด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบแอปพลิเคชัน และด้านการวัดผลและประเมินผล ภาพรวมทุกด้านมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ที่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 2) ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.78/95.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อีก่อนกับหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชัน พบว่า คะแนนหลังการเรียนรู้อีกสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 4) ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อแอปพลิเคชัน อยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.28

กรรณิการ์ ชูตระกูลธรรม (2555:บทคัดย่อ) การพัฒนาโปรแกรมเล่นดนตรีไทยบนแท็บเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมเล่นดนตรีไทยบนแท็บเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยโปรแกรมนี้ถูกพัฒนาเพื่อช่วยให้การเล่นดนตรีไทยเป็นเรื่องที่สะดวกสบายและง่ายสำหรับผู้ที่ใช้งาน โดยผู้ใช้งานสามารถเล่นดนตรีได้ตลอดเวลาเพียงมีแท็บเล็ตระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยโปรแกรมประกอบด้วยเครื่องดนตรี 3 ชนิด คือ ระนาดเอก ระนาดทุ้ม และฆ้องวงใหญ่ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเล่นพร้อมกับเสียงเครื่องประกอบจังหวะ มีโน้ตเพลงดนตรีไทยที่ผู้ใช้งานสามารถฟังเพลงตัวอย่างได้และประวัติของเครื่องดนตรีแต่ละชนิด ระบบพัฒนาขึ้นในลักษณะของโปรแกรมแอปพลิเคชัน พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษาจาวาจากการประเมินความพึงพอใจของโปรแกรมโดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน จากแบบประเมินได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.54 และ จากผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.66 จากผู้ใช้โปรแกรมสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มีประสิทธิภาพสูงและมีความพึงพอใจมาก

ณัฐวุฒิ เตียวแซ (2555:บทคัดย่อ) การพัฒนาโปรแกรมคีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้เทคนิคการตัดคำภาษาไทยแบบการใช้พจนานุกรม โดยนำสายอักขระ (String) ที่ผู้ใช้งานพิมพ์มาเปรียบเทียบกับคำศัพท์ที่มีอยู่ในพจนานุกรมด้วยวิธีการเทียบคำที่ยาวที่สุด (Longest Matching) ร่วมกับวิธีการย้อนรอยกลับ (Back Tracking) ทำให้การตัดคำภาษาไทยมีประสิทธิภาพมาก ใช้ฐานข้อมูลคำศัพท์ภาษาไทยของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ โดยใช้โครงสร้างข้อมูลแบบทรี (Trie) ในการเก็บฐานข้อมูลคำศัพท์เหล่านั้น ซึ่งทรีมีลักษณะการเปรียบเทียบคำศัพท์ที่เหมาะสมกับสายอักขระที่ได้จากการพิมพ์ อีกทั้งมี

คุณสมบัติของการท่องเที่ยวไปในทรีเพื่อหาค่าที่ใกล้เคียงมาช่วยแนะนำค่าที่พิมพ์ให้กับผู้ใช้ได้ คีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะสามารถเรียนรู้จดจำการพิมพ์ของผู้ใช้มาเก็บเป็นสถิติการใช้คำและคำ ต่อเนื่อง เพื่อการแนะนำคำที่พิมพ์และคำต่อเนื่องให้ตรงความต้องการของผู้ใช้ในอนาคตได้ จากผล การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรม มีผู้ร่วมประเมินทั้งหมด 33 คนรวมผู้ทรงคุณวุฒิ 3 คน แล้ว โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในภาพรวมของโปรแกรมเท่ากับ 4.12 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานเท่ากับ 0.55 จึงสรุปได้ว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในโปรแกรมคีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะ บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อยู่ในระดับมาก ดังนั้นโปรแกรมคีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นนี้ จึงสามารถช่วยผู้ใช้พิมพ์ข้อความภาษาไทยบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้เร็วและถูกต้องมากขึ้น

เพ็ญภา พวงทอง (2556:บทคัดย่อ) การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเสริมรายวิชา คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์แบบหน้าจอสัมผัสระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยวิชา คณิตศาสตร์ให้ความสำคัญต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำและยังเป็นพื้นฐานของอีกหลาย ๆ สาขาวิชา โดยได้ยกเนื้อหาเรื่องเลขยกกำลังซึ่งมีกระบวนการคิดคำนวณที่ซับซ้อน ยุ่งยาก ในการแก้โจทย์ปัญหา และเรื่องพื้นฐานเรขาคณิต ผลการวิจัยเป็นดังนี้ สื่อการเรียนการสอนเสริมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพของเมกุยแกนส์ปรากฏว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 1.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเมกุยแกนส์คือ 1.00 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียน โดยใช่วิธีการทดสอบทางสถิติ t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังเรียนจากเรียน ด้วยสื่อการเรียนการสอนเสริมที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่ง แสดงให้เห็นว่าสื่อการเรียนการสอนเสริมที่พัฒนาขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนจากการเรียนด้วยสื่อการ เรียนการสอนเสริมที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X} = 4.56$ , S.D. = 0.56) ซึ่งสูง กว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

วิทรชัย วาสรส (2557:บทคัดย่อ) บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียน แอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐาน สมรรถนะ เรื่องการเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น ที่มีคุณภาพ หาประสิทธิภาพของ บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น และ เปรียบเทียบสมรรถนะทางการเรียน เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น ของนักศึกษา ที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะกับการเรียนจากการสอนปกติ ผลการวิจัยดังนี้ บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น ประเมิน โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.58$ , S.D. = 0.33) และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ ในระดับดีมาก ( $\bar{X} = 4.54$ , S.D. = 0.36) ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น พบว่าผู้เรียนร้อยละ 100 ของผู้เรียนผ่านเกณฑ์

มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 86.34 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และสมรรถนะทางการเรียน เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น ของนักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะสูงกว่าการเรียนจากการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .01

ภขรดา เกริกภูษชัย (2555:บทคัดย่อ) ระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์กรณีศึกษาวิชาซิลสกรีนและวงจรมี มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ กรณีศึกษาวิชาซิลสกรีนและวงจรมี โดยจัดทำขึ้นในรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ บนสมาร์ตโฟน เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาซิลสกรีนและวงจรมี พัฒนาระบบโดยใช้ภาษา Java โปรแกรม Android SDK และระบบจัดการฐานข้อมูล MySQL ผลจากการประเมินประสิทธิภาพโดยรวมของระบบจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ซึ่งอยู่ในระดับดี และผลประเมินความพึงพอใจโดยรวมของระบบโดยผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 อยู่ในระดับดีมาก ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม พบว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนปกติในชั้นเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำรูปแบบการเรียนการสอนนี้ไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ได้

รุ่งอรุณ พรเจริญ (2558:บทคัดย่อ) การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หรือ ICAAR 2) หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามแบบจำลอง ICAAR และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามแบบจำลอง ICAAR กลุ่มตัวอย่างในครั้งนี้เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคการศึกษาที่ 1/2558 จำนวน 20 คน โดยทำการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ตามแบบจำลอง ICAAR แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หรือ ICAAR มีองค์ประกอบ 5 ส่วน คือ 1) ส่วนติดต่อระหว่างผู้เรียน 2) ส่วนข้อมูลผู้เรียน 3) ส่วนรูปแบบการสอน 4) ส่วนระบบผู้เชี่ยวชาญ และ 5) ส่วนสะท้อนการปฏิบัติ ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของบทเรียน

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนเว็บช่วยสอนในรายวิชาโปรแกรมประยุกต์ด้านระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารโดยใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิดกับการสอนแบบเรียนด้วยตนเองบนระบบจัดการเรียนการสอนมูเดิ้ลคอมพิวเตอร์ตามแบบจำลอง ICAAR ได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานของเมกยูแกนส์ (1.012) และความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามแบบจำลอง ICAAR ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับมาก จึงสรุปได้ว่า แบบจำลอง

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นเหมาะสม สำหรับการนำไปใช้พัฒนาการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติ เสือแพร (2557: บทคัดย่อ) การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ในการเรียนวิชาการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาองค์ประกอบของแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยกลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักศึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าชั้นปีที่สี่ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า องค์ประกอบในการสร้างแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ด้านการออกแบบสื่อ และด้านเนื้อหา มีผลการประเมินความเหมาะสมของแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับดี แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.32 ตามทฤษฎีของเมกูยแกนส์ และความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้ อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.32, S.D. = 0.6$ )

พิพัฒน์ วัฒนกุล (2543: บทคัดย่อ) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา พร้อมทั้งหาคุณภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนกับก่อนเรียน โดยนำบทเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 11 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.63 และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัยไว้ดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 (ปวส.1) แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.2.1 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน

3.2.2.1 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

3.2.2.2 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

### 3.2.1 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ในการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ผู้วิจัยดำเนินการสร้างบทเรียนโดยใช้แนวคิดแบบ ADDIE MODEL (Seels and Glasgow, 1998:12) 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1.1 ขั้นการวิเคราะห์ ในการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยศึกษารายละเอียดทฤษฎี รูปแบบ หลักการเกี่ยวกับบทเรียนแอปพลิเคชันจากตำรา งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล หาแนวทางในการจัดเนื้อหาและวิธีการสร้างบทเรียนจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสร้างแอปพลิเคชันและอาจารย์ที่ปรึกษา โดยเลือกใช้โปรแกรม Android Studio ในการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน เพราะเป็นวิธีที่ทันสมัย ง่าย และสะดวกในการเขียนคำสั่ง

ศึกษารายละเอียดและคัดเลือกเนื้อหาในวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ให้เป็นไปตามหลักสูตรและคำอธิบายรายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

3.2.1.2 ขั้นตอนการออกแบบ ร่างต้นแบบของบทเรียนที่ประกอบด้วยเนื้อหาตัวอย่างและข้อสอบ โดยแบ่งเป็นเฟรม ๆ หรือสตอรี่บอร์ด ตามวัตถุประสงค์ วิธีการนำเสนอ รวมถึงข้อความ รูปภาพประกอบ ตัวอักษร สี กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาด และให้เหมาะสมกับบทเรียนเพื่อการศึกษาเนื้อหาที่มีความซับซ้อนให้ง่ายขึ้นและสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขให้มีความครบถ้วนสมบูรณ์ของบทเรียนที่ดี

3.2.1.3 ขั้นตอนการพัฒนา สร้างบทเรียนแอปพลิเคชัน โดยทำตามสตอรี่บอร์ดที่กำหนดไว้ โดยใช้โปรแกรม Android Studio ในการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน และให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดและทำการปรับปรุงแก้ไข

#### 3.2.1.4 ขั้นตอนการทดลองใช้

(1) หลังจากผ่านการตรวจจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมแล้วนั้นนำแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีรายนามดังนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาประกอบด้วย

(1) อาจารย์เทอดศักดิ์ เจริญเนาวรัตน์

อาจารย์ประจำแผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

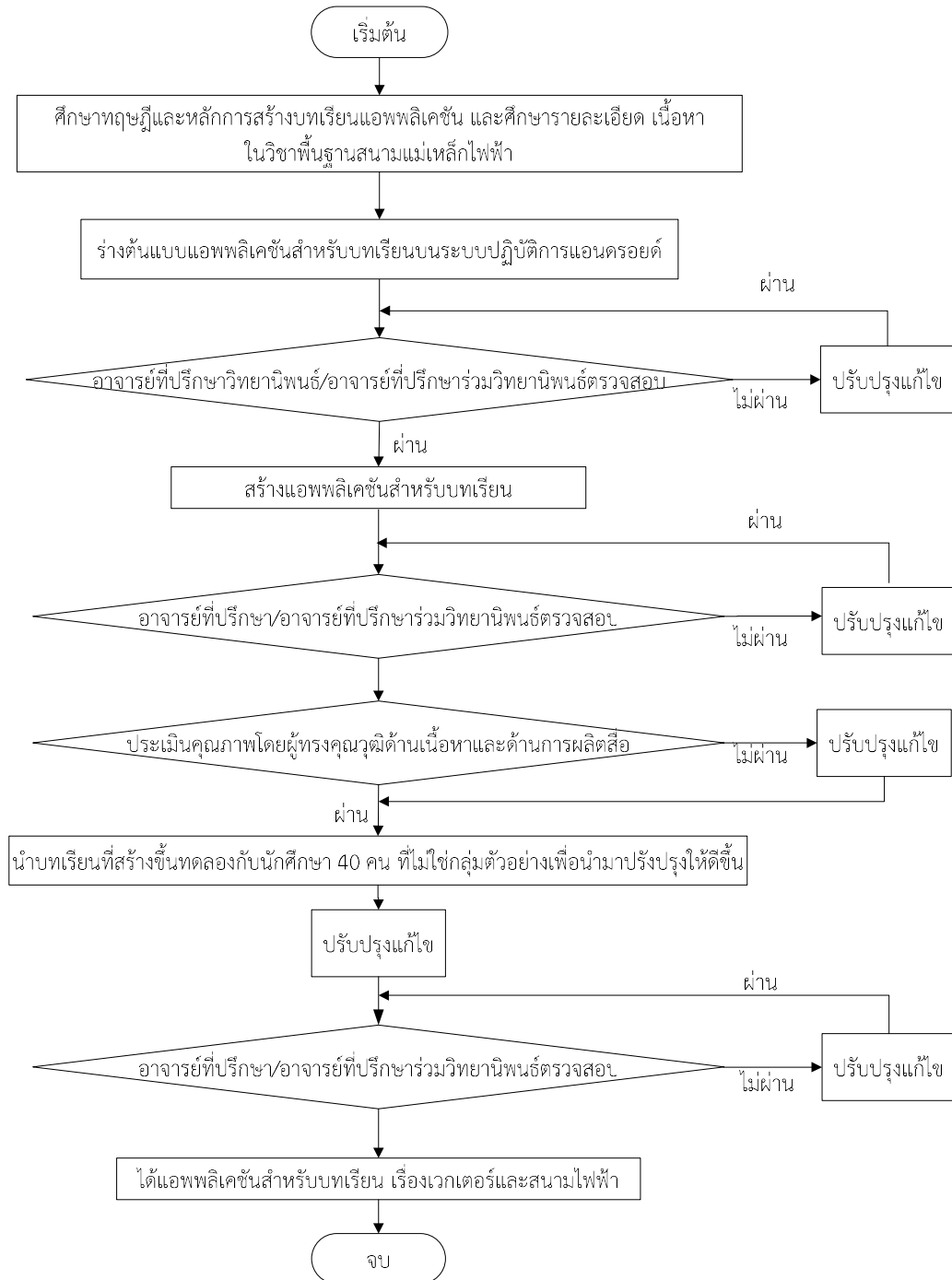
- |   |   |
|---|---|
| (2) อาจารย์นิติ เกื้อกลางชัย                  | อาจารย์ประจำวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า<br>แผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม<br>วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา  |
| (3) ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันคือ                  | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ด้านเทคนิคการผลิตสื่อประกอบด้วย               |   |
| (1) ผศ.สุชิน อัจหาญ                           | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| (2) ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี<br>อุตสาหกรรม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง        |
| (3) ผศ.อำพล ทองระอา                           | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม<br>คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |

(2) นำแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ทดลองใช้กับนักศึกษาที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 40 คน ซึ่งมีผลการเรียนอยู่ในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยกำหนดอย่างเจาะจง เป็นนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 2 แผนกอิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ที่เคยเรียนวิชานี้มาแล้ว โดยผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมสัมภาษณ์และบันทึกส่วนที่ต้องแก้ไขเพื่อนำไปปรับปรุงจุดบกพร่องให้ดีขึ้น

### 3.2.1.5 ขั้นตอนการประเมินผล

(1) นำผลจากการประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสองด้านมาประเมินผลและผลจากการสังเกตพฤติกรรม การสัมภาษณ์และจดบันทึกการทดลองกับนักศึกษาจำนวน 40 คน มาประเมินผลเพื่อแก้ไขให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น จากนั้นผู้วิจัยนำแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข

(2) ได้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า เพื่อนำไปเก็บข้อมูลหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์ และสนามไฟฟ้า

### 3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน โดยแบ่งการประเมินออกเป็นสองด้านดังนี้

3.2.2.1 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

3.2.2.2 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

มีกระบวนการสร้างดังนี้

(1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพเช่นศึกษาการสร้างแบบสอบถาม รูปแบบของแบบสอบถาม วิธีการใช้งาน ข้อคำถาม หัวข้อคำถามเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน

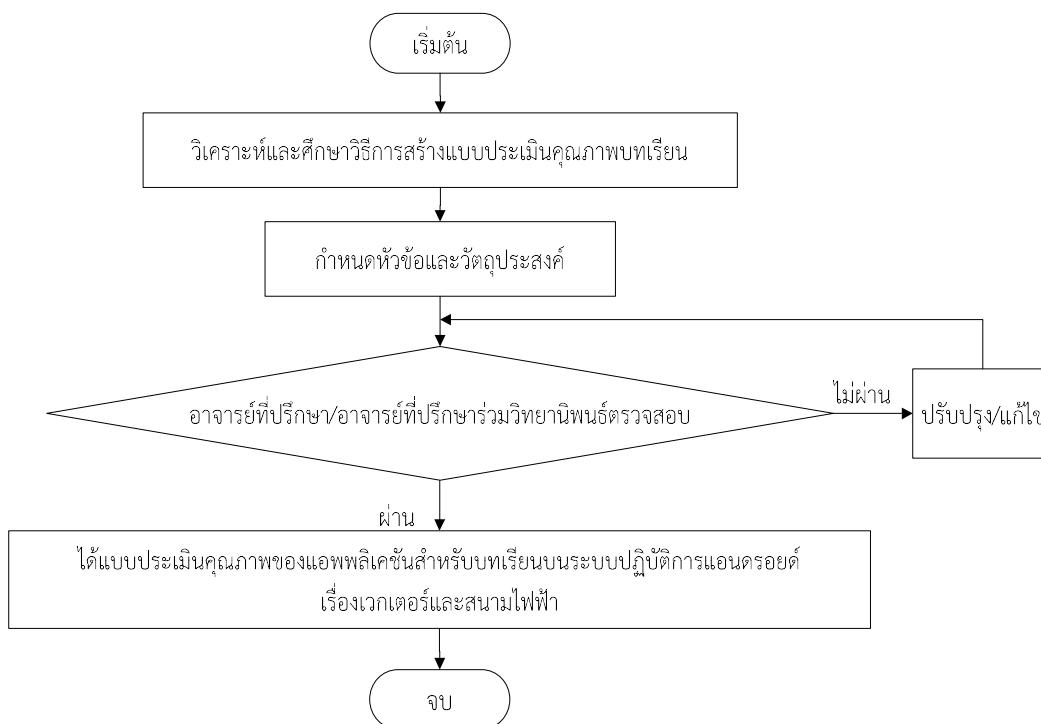
(2) กำหนดหัวข้อและวัตถุประสงค์ของแบบประเมินคุณภาพให้มีครอบคลุมทั้งด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

(3) สร้างแบบประเมินคุณภาพ แบ่งออกเป็นสองด้านดังที่กำหนดไว้ คือ ด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (Rating Scale) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับคุณภาพดีมาก	คะแนน 5
ระดับคุณภาพดี	คะแนน 4
ระดับคุณภาพปานกลาง	คะแนน 3
ระดับคุณภาพพอใช้	คะแนน 2
ระดับคุณภาพควรปรับปรุง	คะแนน 1

(4) นำแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงแก้ไข

(5) เมื่อผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงจากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์แล้วก็ได้แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนสร้างแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

### 3.2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเรียนผ่านแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

3.2.3.1 วิเคราะห์เนื้อหา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาเพื่อกำหนดรายละเอียดของผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ของวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

3.2.3.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3.3.3 สร้างแบบทดสอบปรนัยจำนวน 46 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้ตรงกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง โดยที่บทที่ 1 มีจำนวน 15 ข้อ บทที่ 2 มีจำนวน 14 ข้อ บทที่ 3 มีจำนวน 17 ข้อ

3.3.3.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบและแก้ไขให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

3.3.3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาพิจารณา เพื่อตรวจสอบแบบทดสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบว่าสามารถใช้เป็นตัวแทนของเนื้อหาที่จะถามได้หรือไม่ ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิกำหนดเป็น 3 ระดับดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่า แบบทดสอบวัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา
- 1 หมายถึง แน่ใจว่า แบบทดสอบไม่ได้วัดตรงตามวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อแล้วนำไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องหรือ IOC (Index of Item-objective Congruence) ข้อสอบที่ถือว่ามีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในระดับดี สามารถนำไปวัดผลได้จะต้องมีค่า IOC เกินกว่า 0.5 เป็นต้นไป และได้ข้อสอบที่ผ่านการประเมินความสอดคล้องจากผู้ทรงคุณวุฒิเป็นจำนวน 37 ข้อ

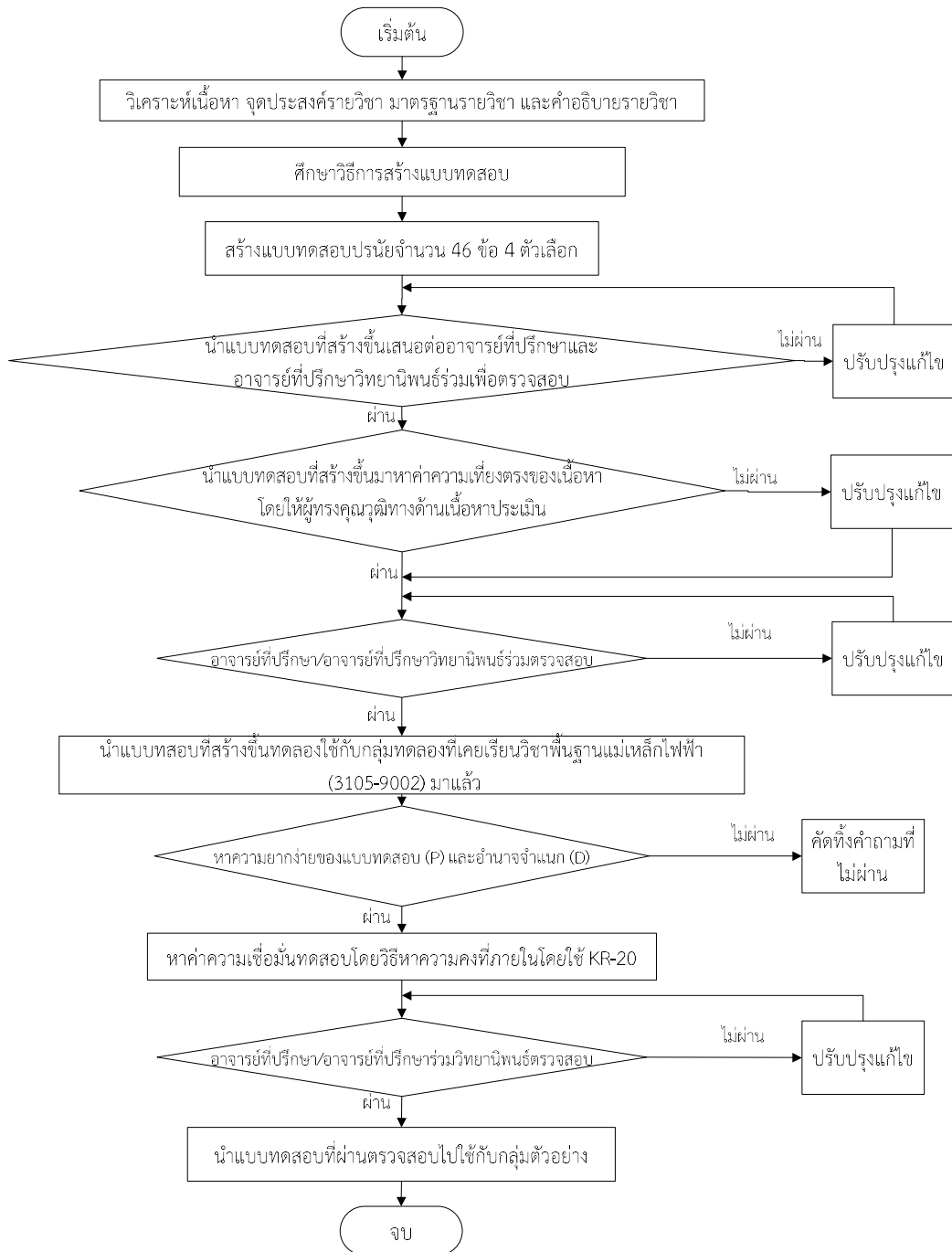
3.3.3.6 นำแบบทดสอบที่ตรวจสอบและแก้ไขเรียบร้อยแล้วจำนวน 37 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เคยเรียนเรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า รายวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (3105-9002) มาแล้ว โดยนำไปทดลองกับนักเรียน ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 (ปวส.2) สาขาอิเล็กทรอนิกส์และสาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 40 คน ที่เคยเรียนวิชานี้แล้วและไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง

3.3.3.7 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) และอำนาจจำแนก (D) ในแต่ละข้อ ข้อสอบในแบบทดสอบมีค่าระดับความยากง่ายใกล้เคียงกับ  $P = 0.50$  ในทางปฏิบัติข้อคำถามที่ถือว่ามีความยากง่ายใช้ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ถ้า P มีค่าต่ำกว่า 0.20 ถือว่าข้อคำถามนั้นยากเกินไปแต่ถ้าค่า P สูงกว่า 0.80 แสดงว่าง่ายเกินไปไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ในส่วนของอำนาจจำแนกที่ 0.2 ขึ้นไป ถือว่าสามารถใช้ข้อคำถามนั้น ๆ ได้

3.3.3.8 คัดเลือกข้อคำถามที่ผ่านคือมีค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสมตามเกณฑ์แล้วมาหาค่าความเชื่อมั่นทดสอบโดยวิธีหาความคงที่ภายในโดยใช้ KR-20 สำหรับการหาค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) การคำนวณค่าสถิติของคะแนนรายข้อ (ให้คะแนนแบบ 0 - 1) และคะแนนรวม ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วนั้น ผลปรากฏคือ มีข้อคำถามจำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าเหมาะสมตามมาตรฐานการแปลความหมายของค่าความยากง่ายคือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ส่วนค่าอำนาจจำแนก ที่ระดับ 0.2 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดนี้ เท่ากับ 0.78 ซึ่งเมื่อแปลความหมายแล้วหมายถึงใช้ได้ดี

3.3.3.9 นำแบบทดสอบเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบและแก้ไขให้มีความถูกต้องและเหมาะสม

3.3.3.10 นำแบบทดสอบที่ผ่านกระบวนการตรวจสอบและประเมินแล้วนำไปใช้กับประชากร



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน

### 3.2.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

การสร้างแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนขึ้นมาในครั้งนี้จำเป็นต้องทราบว่าผู้ที่มีความพึงพอใจมากที่สุดเพียงใด ผู้วิจัยจึงใช้แบบประเมินความพึงพอใจเป็นเครื่องมือในการสอบถามความเห็นผู้ใช้ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

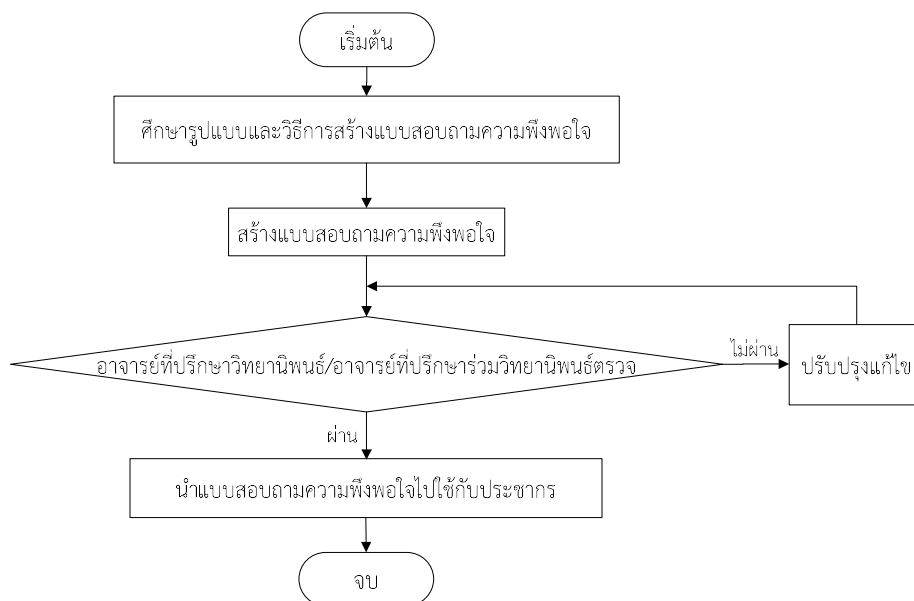
3.2.4.1 ศึกษารูปแบบและวิธีการสร้างแบบประเมินหรือแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอนแบบแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน

3.2.4.2 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจโดยใช้มาตราส่วน (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับความพึงพอใจมากที่สุด	คะแนน	5
ระดับความพึงพอใจมาก	คะแนน	4
ระดับความพึงพอใจปานกลาง	คะแนน	3
ระดับความพึงพอใจน้อย	คะแนน	2
ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด	คะแนน	1

3.2.4.3 นำเสนอแบบสอบถามความพึงพอใจกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมและปรับปรุงแก้ไข

3.2.4.4 ได้แบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอนแบบแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน

### 3.3 วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีวิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.3.1 ติดต่อประสานงานและยื่นเอกสารขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลเพื่อขอทำการวิจัยถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา

3.3.2 แจ้งให้กลุ่มตัวอย่างทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองเพื่อบอกหมายวันและเวลาในการดำเนินงานทดลอง

3.3.3 แนะนำนักเรียนกลุ่มตัวอย่างในเรื่องขั้นตอนวิธีการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

3.3.4 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดความรู้ก่อนเรียนและเก็บผลคะแนน

3.3.5 ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

3.3.6 หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาบทเรียน แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าแล้วให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน

3.3.7 นำผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของทุกหน่วยเรียน มาเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ คือ หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

3.3.8 หลังจากนักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำแบบทดสอบวัดความพึงพอใจ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

### 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.4.1 ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรดังนี้

## 3.4.1.1 ค่าร้อยละ (ลัวิน และอังคณา สายยศ. 2538: 59)

$$P = \frac{f}{N} \times 100 \quad (3.1)$$

เมื่อ	P	คือ	ค่าร้อยละ
	f	คือ	ค่าความถี่
	N	คือ	จำนวนทั้งหมด

## 3.4.1.2 ค่าเฉลี่ย (ลัวิน และอังคณา สายยศ 2538:73)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3.2)$$

เมื่อ	$\bar{X}$	คือ	ค่าเฉลี่ย
	$\sum X$	คือ	ผลรวมของคะแนน
	N	คือ	จำนวนทั้งหมด

## 3.4.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ลัวิน และอังคณา สายยศ 2538:79)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}} \quad (3.3)$$

เมื่อ	S.D.	คือ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X$	คือ	ผลรวมของคะแนน
	N	คือ	จำนวนทั้งหมด

3.4.2 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา โดยใช้สูตรดังนี้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2530:117)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.4)$$

เมื่อ	IOC	คือ	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม
	$\sum R$	คือ	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

### 3.4.3 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.3.1 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สูตรดังนี้ (ลิ้วน และอังคณา สายยศ 2538:210-211)

$$P = \frac{R}{N} \quad (3.5)$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ  
 R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก  
 N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

3.4.3.2 ค่าอำนาจจำแนก (D)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}} \quad (3.6)$$

เมื่อ D คือ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ  
 $R_U$  คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง  
 $R_L$  คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ  
 N คือ จำนวนนักศึกษาทั้งหมด

3.4.3.3 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20: KR-20) ดังนี้ (ลิ้วนและอังคณา สายยศ 2538: 197-198)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3.7)$$

เมื่อ  $r_{tt}$  คือ สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ  
 n คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ (ไม่ควรน้อยกว่า 20 ข้อ)  
 p คือ อัตราส่วนของผู้เรียน  
 q คือ อัตราส่วนของผู้ที่ตอบข้อนี้ผิด (เท่ากับ  $1 - p$ )  
 S คือ ความแปรปรวนของคะแนนที่สอบได้ทั้งฉบับ

3.4.4 สูตรการหาค่าประสิทธิภาพสื่อการเรียนการสอนของเมกุยแกนส์ (เสาวนีย์, 2528: 284-286)

$$\text{Meguigans Ratio} = \frac{M_2 - M_1}{P - M_1} + \frac{M_2 - M_1}{P} \quad (3.8)$$

เมื่อ	$M_1$	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน
	$M_2$	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียน
	$P$	คือ	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

3.4.5 สูตร t-test dependent (ล้วน และอังคณา สายยศ, 2538: 223)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N - 1}}}, (df = N - 1) \quad (3.9)$$

เมื่อ	$t$	คือ	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ
	$D$	คือ	ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
	$N$	คือ	จำนวนผู้เรียน

## บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนา หาประสิทธิภาพ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า โดยมีลำดับการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

4.4 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

### 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชัน โดยใช้เกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ด้านเนื้อหาของบทเรียนโดยการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.3 เนื้อหาเรียงลำดับถูกต้องตามขั้นตอน	5.00	0.00	ดีมาก
1.4 เนื้อหาจูงใจในการเรียน	3.67	0.58	ดี
1.5 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	3.67	0.58	ดี
1.6 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	4.33	0.58	ดี
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.44</b>	<b>0.29</b>	<b>ดี</b>
<b>2. ด้านการนำเสนอ</b>			
2.1 การนำเสนอต่อเนื่อง	5.00	0.00	ดีมาก
2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	3.67	0.58	ดี
2.3 ความเหมาะสมภาพ+เนื้อหาสอดคล้อง	4.33	0.58	ดี
2.4 ความเหมาะสมของตัวอย่างโจทย์	3.67	0.58	ดี
2.5 ไอคอนเครื่องมือชัดเจน	4.00	1.00	ดี
2.6 คำอธิบายตัวอย่างชัดเจนง่ายต่อการฝึก	4.00	1.00	ดี
2.7 ความสะดวกในการเรียนบทเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>4.19</b>	<b>0.62</b>	<b>ดี</b>
<b>เฉลี่ยรวม</b>	<b>4.31</b>	<b>0.46</b>	<b>ดี</b>

จากตารางที่ 4.1 พบว่าคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ในด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ( $\bar{X}=4.31, S.D.=0.46$ )

และผลการประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้ามีผลการประเมินได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
<b>1. ด้านรูปแบบการนำเสนอ</b>			
1.1 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม	3.67	0.58	ดี
1.2 รูปภาพสอดคล้องกับบทเรียน	4.67	0.58	ดีมาก

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ		
	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1.3 การนำเสนอต่อเนื่อง	3.67	0.58	ดี
1.4 เมนูหลักเข้าง่าย สะดวก ต่อการใช้งาน	4.67	0.58	ดีมาก
1.5 ช่วยเสริมทักษะการเรียนรู้	2.67	0.58	ปานกลาง
1.6 การออกแบบที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียน	2.33	0.58	พอใช้
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>3.61</b>	<b>0.58</b>	<b>ดี</b>
<b>2. ด้านการออกแบบ</b>			
2.1 รูปแบบของตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
2.2 ขนาดตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
2.3 สีของตัวอักษร	4.00	0.00	ดี
2.4 ความสวยงาม และความน่าสนใจ โดยรวม	3.00	0.00	ปานกลาง
2.5 ภาพเคลื่อนไหวเหมาะสมกับเนื้อหา	1.67	0.58	พอใช้
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>3.33</b>	<b>0.11</b>	<b>ปานกลาง</b>
<b>3. ด้านการใช้สื่อ</b>			
3.1 สื่อมีความสวยงาม	3.00	0.00	ปานกลาง
3.2 ใช้งานง่าย สะดวก	4.33	1.15	ดี
3.3 ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์	4.33	1.15	ดี
3.4 มีรายละเอียดเพียงพอ	3.67	0.58	ดี
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>3.83</b>	<b>0.72</b>	<b>ดี</b>
<b>เฉลี่ยรวม</b>	<b>3.58</b>	<b>0.46</b>	<b>ดี</b>

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเทคนิคการผลิตสื่อพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{X}=3.58$ , S.D.=0.46) โดยผลการประเมินด้านรูปแบบการนำเสนอ ในหัวข้อรูปภาพ สอดคล้อง ( $\bar{X}=4.67$ , S.D.=0.58) และหัวข้อบทเรียนและเมนูหลักเข้าง่าย สะดวก ต่อการใช้งาน ( $\bar{X}=4.67$ , S.D.=0.58) ซึ่งทั้งสองด้านมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ส่วนด้านที่มีผลที่แสดงให้ว่าต้องทำการปรับปรุงคือด้านรูปแบบการนำเสนอ เนื่องจากในหัวข้อการออกแบบที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ ( $\bar{X}=2.33$ , S.D.=0.58) และด้านการออกแบบ หัวข้อภาพเคลื่อนไหวเหมาะสมกับเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ ( $\bar{X}=1.67$ , S.D.=0.58) ซึ่งต้องทำ

การปรับปรุงก่อนการนำไปใช้จริง ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสือไว้

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ผลการนำแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าไปใช้กับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน โดยใช้คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนมาคำนวณตามสูตรของเมกุยแกนส์ ซึ่งมีผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

แบบทดสอบ	จำนวนคน	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ประสิทธิภาพ
ก่อนเรียน	20	30	6.80	2.50	1.008966
หลังเรียน	20	30	20	3.51	

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน โดยผลการวิเคราะห์พบว่ามิได้ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}=6.80$ , S.D.=2.50) ของแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนได้ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}=20$ , S.D.=3.51) และเมื่อนำผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรของเมกุยแกนส์ ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.008966 มีค่ามากกว่า 1.00 ซึ่งสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ตามมาตรฐานของเมกุยแกนส์ (รายละเอียดภาคผนวก ง ตารางที่ ง.4)

### 4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เมื่อใช้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชา เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้ ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

แบบทดสอบ	ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ )	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	T-Test
ก่อนเรียน	6.8	2.50	9.14
หลังเรียน	20	3.29	

จากตารางที่ 4.4 เมื่อนำค่า T-Test จากการคำนวณเปรียบเทียบตาราง T-Test พบว่ามีค่ามากกว่า แสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อใช้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชา เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 (รายละเอียดภาคผนวก ง ตารางที่ ง.5)

### 4.4 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

เมื่อนำแอปพลิเคชันไปใช้กับประชากรและกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน แล้วนั้นจึงสอบถามความพึงพอใจ โดยตอบแบบสอบถามความพึงพอใจจำนวน 15 ข้อ ซึ่งผลการประเมินแบบสอบถามเป็นดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์หาความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ข้อ	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย ( $\mu$ )	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ พึงพอใจ
1	ความสะดวกในการเรียนด้วยแอปพลิเคชัน สำหรับบทเรียน	4.05	0.60	มาก
2	เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน	4.15	0.67	มาก
3	ภาพสอดคล้องกับบทเรียน	4.10	0.85	มาก
4	สีบทเรียนสอดคล้องภาพประกอบ	4.00	0.79	มาก
5	ความน่าสนใจ	4.15	0.59	มาก
6	ความสวยงาม	3.90	0.79	มาก
7	สื่อเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน	4.10	0.85	มาก
8	ความชัดเจนของตัวอักษร	4.00	0.73	มาก
9	ไอคอนเครื่องมือชัดเจน	4.15	0.67	มาก
10	ความชัดเจนของการเรียกชื่อไอคอน	4.45	0.69	มาก
11	สามารถทบทวนบทเรียนได้	4.25	0.79	มาก
12	ความเหมาะสมของคำถามต่อเนื้อหา	4.00	0.73	มาก
13	อธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย	4.05	0.60	มาก
14	ชอบเรียนด้วยการสอนโดยบทเรียนออนไลน์	4.50	0.69	มากที่สุด
15	เนื้อหาความรู้จากสื่อสามารถนำไปใช้ ประโยชน์ในการศึกษา	4.20	0.77	มาก
	<b>ค่าเฉลี่ย <math>\mu</math></b>	4.14	0.72	มาก

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า ความพึงพอใจส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี ซึ่งตรงตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ คือ มีค่าเฉลี่ย  $\mu$  เท่ากับ 4.14 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 และเมื่อพิจารณาจากด้านที่ได้ค่ามากที่สุด คือ ชอบเรียนด้วยการสอนโดยบทเรียนออนไลน์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 เมื่อเทียบกับจำนวนของผู้เรียนที่ได้เรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน ซึ่งถือว่ามี การกระจายตัวของข้อมูลนั้นค่อนข้างเกาะกลุ่มกัน และประเมินความพึงพอใจนี้เห็นได้ว่าการใช้สื่อในรูปแบบที่แปลกใหม่ออกไปด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่จะทำให้ผู้เรียนได้สัมผัสและเข้าถึงนั้นส่งผลต่อความสนใจและชอบที่จะได้เรียนรู้เนื้อหา มากขึ้น

## บทที่ 5

# สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์ และสนามไฟฟ้า สรุปได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า สามารถสรุปผลการทดลองดังนี้

#### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า
4. เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

#### 5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1 คุณภาพของแอปพลิเคชัน สำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์ และสนามไฟฟ้า โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ อยู่ในระดับดีขึ้นไป ( $\bar{x} \geq 3.5$ )

2 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มีประสิทธิภาพที่ได้ค่ามากกว่า 1.00 ตามมาตรฐานของเมกุยแกนส์

3 ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อใช้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชา เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4 ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์อยู่ในระดับมากขึ้นไป ( $\mu \geq 3.5$ )

### 5.1.3 ขอบเขตการวิจัย

5.1.3.1 ประชากร คือ ผู้เรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน

#### 5.1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

- (1) หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์
- (2) ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์
- (3) สนามไฟฟ้า

### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.4.1 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

5.1.4.2 แบบประเมินคุณภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

5.1.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

5.1.4.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

### 5.1.5 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการสร้างเครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สรุปเป็นขั้นตอนดังนี้

5.1.5.1 ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

5.1.5.2 ศึกษา วิเคราะห์และเลือกเนื้อหาวิชา 3105-9002 พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Field Fundamental) (3-0-3) เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าให้ตรงกับวัตถุประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา คำอธิบายรายวิชา

5.1.5.3 ศึกษาและวิเคราะห์ จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทฤษฎีสื่อการเรียนการสอนและนวัตกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้งานวิจัยได้มาตรฐานและเป็นที่น่าเชื่อถือ โดยศึกษาจากหนังสือ

ประกอบการเรียนวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์, 2551: 4-41) (ประเสริฐ เคนพันธ์, 2542: 1-60) (ณรงค์ เหมกรณ์, 2533: 1-21) (มงคล ทองสงคราม, 2536: 1-38) (สันติ อัครศรีพงษ์ศรี, 2533: 1-13 )

5.1.5.4 ศึกษารายละเอียดทฤษฎี รูปแบบ หลักการเกี่ยวกับบทเรียนแอฟฟลิเคชัน จากตำรา งานวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลหาแนวทางในการสร้างบทเรียน และ ออกแบบแอฟฟลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

5.1.5.5 ออกแบบและสร้าง วิธีการนำเสนอ รวมถึงข้อความ รูปภาพประกอบ ตัวอักษร สี ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่คาดหวังและให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบเพื่อหาความผิดพลาดของบทเรียน

5.1.5.6 ออกแบบและสร้าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยสร้างแบบทดสอบขึ้นมาจำนวน 46 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก นำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง โดยค่าดัชนีความสอดคล้องหรือ IOC จากการประเมินด้านเนื้อหาของ ผู้ทรงคุณวุฒิ หาค่าความเชื่อมั่น ความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก จนได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้กับประชากรเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน เรียนและหลังเรียน

5.1.5.7 แบบประเมินคุณภาพของแอฟฟลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าจากความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการผลิต สื่อ โดยการใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.5.8 ออกแบบและสร้าง แบบประเมินความพึงพอใจต่อแอฟฟลิเคชันสำหรับ บทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า (สุรวาท ทองบุ, 2550: 81-84)

## 5.1.6 สรุปผลการวิจัย

5.1.6.1 คุณภาพของแอฟฟลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ในด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ( $\bar{X}=4.31, S.D.=0.46$ )

5.1.6.2 คุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเทคนิคการผลิตสื่อพบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ( $\bar{X}=3.58, S.D.=0.46$ ) โดยผลการประเมินด้านรูปแบบการนำเสนอ ในหัวข้อรูปภาพสอดคล้อง ( $\bar{X}=4.67, S.D.=0.58$ ) และหัวข้อบทเรียนและเมนูหลักเข้าง่าย สะดวก ต่อการใช้งาน ( $\bar{X}=4.67, S.D.=0.58$ ) ซึ่งทั้งสองด้านมีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ส่วนด้านที่มีผลที่แสดงให้เห็นว่าต้องทำการ ปรับปรุงคือด้านรูปแบบการนำเสนอ เนื่องจากในหัวข้อการออกแบบที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจอยาก เรียน มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ ( $\bar{X}=2.33, S.D.=0.58$ ) และด้านการออกแบบ หัวข้อภาพเคลื่อนไหว เหมาะสมกับเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับพอใช้ ( $\bar{X}=1.67, S.D.=0.58$ ) ซึ่งต้องทำการปรับปรุงก่อน การนำไปใช้จริง ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อไว้

5.1.6.3 แสดงผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงชั้นปีที่ 1 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จำนวน 20 คน โดยผลการวิเคราะห์พบว่ามีความเฉลี่ย ( $\bar{X}$  = 6.80, S.D. = 2.50) ของแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนได้ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$  = 20, S.D. = 3.51) และเมื่อนำผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลหาประสิทธิภาพโดยใช้สูตรของเมกุยแกนส์ ปรากฏว่ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.008966 มีค่ามากกว่า 1.00 ซึ่งสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ตามมาตรฐานของเมกุยแกนส์

5.1.6.4 ความพึงพอใจส่วนใหญ่อยู่ในระดับดี ซึ่งตรงตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ คือ มีความเฉลี่ย  $\mu$  เท่ากับ 4.14 และมีความส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  $\sigma$  เท่ากับ 0.72 และเมื่อพิจารณาจากด้านที่ได้ค่ามากที่สุดคือ ชอบเรียนด้วยการสอนโดยบทเรียนออนไลน์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.5 และมีความส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากผลการวิจัยในด้านคุณภาพด้านเนื้อหาของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า อยู่ในระดับดี ( $\bar{X}$  = 4.31, S.D. = 0.46) และด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ( $\bar{X}$  = 3.58, S.D. = 0.46) ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ได้กำหนดไว้ นั้น เนื่องจากผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษา ออกแบบ และพัฒนาอย่างเป็นขั้นตอน ดังที่ได้กำหนดไว้ในกรอบแนวความคิด และพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของพิพัฒน์ วัฒนกุล (2543) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า มีความเฉลี่ยเท่ากับ 4.15 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.63 และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

5.2.2 ในด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ที่ได้หลังจากการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน พบว่าแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนที่สร้างขึ้นนี้ได้ตามมาตรฐานเมกุยแกนส์ โดยมีความมากกว่า 1.00 (1.0089) เนื่องจากผู้วิจัยได้มีการศึกษา ออกแบบ พัฒนา ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิ และผ่านการทดลองใช้จากกลุ่มทดลอง และนำมาปรับปรุงแก้ไขในแต่ละขั้นตอน จนได้คุณภาพ ก่อนไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริง และพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติ เสือแพร (2557) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการเรียนวิชาการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต แอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 1.32 ตามทฤษฎีของเมกุยแกนส์

และความคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์นี้ อยู่ในระดับดี ( $\bar{X} = 4.32, S.D. = 0.6$ )

5.2.3 จากผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของกลุ่มตัวอย่างหลังจากได้ใช้แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์วิชา เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า พบว่าผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากแอปพลิเคชันและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่พัฒนาขึ้นมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจกับการเรียนการสอนในอีกรูปแบบหนึ่งนอกเหนือจากการเรียนในหนังสือ และพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของภรดา เกริกภูษชัย (2555) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์กรณีศึกษาวิชาซิลสกรีนและวงจรพิมพ์ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวพบว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนปกติในชั้นเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3.4 จากผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นนี้ ที่พบว่าอยู่ในระดับดี ( $\mu = 4.14, \sigma = 0.72$ ) เนื่องจากแอปพลิเคชันเป็นอีกการเรียนแบบใหม่ มีความน่าสนใจ ดึงดูด กระตุ้นอยากให้อ่าน และก่อให้เกิดประสิทธิผลต่อนักเรียน ทำให้มีความรู้ ผลสัมฤทธิ์สูงขึ้น นั่นเอง และพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของเพ็ญภา พวงทอง (2556) ที่ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเสริมรายวิชา คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์แบบหน้าจอสัมผัสระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ที่มีผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนจากการเรียนด้วยสื่อการเรียนการสอนเสริมที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\mu = 4.5, \sigma = 0.69$ ) ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.3.1.1 แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าเป็นสื่อที่สามารถให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง สะดวก ง่ายต่อการใช้งาน เพื่อทบทวนบทเรียนและเพื่อทดสอบความรู้เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าได้

5.3.1.2 ควรพัฒนาแอปพลิเคชันให้มีความน่าสนใจมากขึ้น กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มทักษะการประยุกต์ใช้งานมากกว่าการเรียนเพียงทฤษฎีอย่างเดียว

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรนำวิธีการสอนด้วยสื่อการเรียนการสอนรูปแบบแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนมาใช้กับผู้เรียนในทุกระดับ เนื่องจากผลการวิจัยในเรื่องของความพึงพอใจเห็นว่าผู้เรียนมีความสนใจในระดับมาก ในการเรียนการสอนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน

5.3.2.2 ควรพัฒนาสื่อการเรียนการสอนรูปแบบแอปพลิเคชัน สำหรับบทเรียน โดยเพิ่มเติมหัวข้อเรื่องในรายวิชา พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2557 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

5.3.2.3 ควรพัฒนาสื่อการเรียนการสอนรูปแบบแอปพลิเคชัน สำหรับบทเรียน โดยเพิ่มเติมหัวข้อเรื่องในรายวิชาอื่น

## บรรณานุกรม

- กาญจนา อรุณสุขขุจี. 2546. “ความพึงพอใจของสมาชิกสหกรณ์ต่อการดำเนินงานของสหกรณ์ การเกษตรไชยปราการจำกัดอำเภอไชยปราการ จังหวัดเชียงใหม่”. ศึกษาศาสตร มหาบัณฑิต. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กิดานันท์ มลิทอง. 2548. **เทคโนโลยีการและการสื่อสารเพื่อการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อรุณการพิมพ์.
- กิตติ เสือแพร. 2557. “การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อการเรียนรู้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในการเรียน วิชาการประมวลผลภาพดิจิทัล สำหรับหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม บัณฑิต.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กรรณิการ์ ชูตระกูลธรรม. 2555. “การพัฒนาโปรแกรมเล่นดนตรีไทยบนแท็บเล็ต ระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์.” วิทยาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ. คณะเทคโนโลยี สารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- จักรชัย โสอินทร์. 2555. **Android App Development (ฉบับสมบูรณ์)**. นนทบุรี : บริษัท IDC Premier จำกัด.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2526. **เอกสารประกอบการสอนชุดเทคโนโลยีและสื่อการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.
- ณรงค์ เหมกรณ์. 2533. **แม่เหล็กไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ :ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรม -ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ณรงค์ เหมกรณ์. 2542. **แม่เหล็กไฟฟ้า Electromagnetics**. กรุงเทพฯ : พี. ที พัฒนาการพิมพ์.
- ณัฐวุฒิ เทียวแซ. 2555. “การพัฒนาโปรแกรมคีย์บอร์ดภาษาไทยอัจฉริยะบนระบบปฏิบัติการแอน ดรอยด์.” วิทยาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ธนิยา ปัญญาแก้ว. 2541. “ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจในงานของข้าราชการครูในจังหวัด เชียงใหม่”. รัฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการเมืองและการปกครอง. คณะรัฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นิรนาม. มปป. **การจำแนกประเภทของสื่อการเรียนรู้**. [Online]. Available : [https://www.st.ac.th/av/media\\_kind.htm](https://www.st.ac.th/av/media_kind.htm)
- ประเสริฐ เคนพันค้อ. 2547. **วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า ELECTROMAGNETICS ENGINEERING**. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- พิพัฒน์ วัฒนกุล. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า”. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เพ็ญภา พวงทอง. 2556. “การพัฒนาสื่อการเรียนการสอนเสริมรายวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 บนอุปกรณ์แบบหน้าจอสัมผัสระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- โพยม จันทร์น้อย. 2560. **การศึกษา 4.0**. [Online]. Available : <http://www.manager.co.th/QOL/viewnews.aspx?NewsID=9600000025195>
- ภรดา เกริกภุชชัย. 2555. “ระบบการเรียนการสอนบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์กรณีศึกษาวิชาซิลิกอนและวงจรมิค.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- มงคล ทองสงคราม. 2539. **สนามแม่เหล็กไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ :รามการพิมพ์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2546. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ : นานมีบุคส์พับลิเคชั่นส์.
- รุ่งอรุณ พรเจริญ. 2559. “การพัฒนาแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบอัจฉริยะโดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการ.” หน้า 33-46. ใน การประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ “ราชภัฏนครสวรรค์วิจัย ครั้งที่ 1”. นครสวรรค์ : สหวิทยาการด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2535. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2538. **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วาณี ทองเสวต. 2548. “ความพึงพอใจของผู้ใช้บริการห้องสมุดวิทยาลัยพยาบาลกึ่งการุณย์”. สำนักการแพทย์กรุงเทพมหานครฯ, วิทยาลัยพยาบาลกึ่งการุณย์.
- วิญญา วิศาลาภรณ์. 2531. **การสร้างแบบทดสอบ**. กรุงเทพมหานคร : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- วิทรชัย วาสรส. 2557. “บทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การเขียนแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์เบื้องต้น.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

- วิสัยพร ไชยสิทธิ์. 2554. “การพัฒนาแอปพลิเคชันฝึกทักษะทางคณิตศาสตร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์ แท็บเล็ตสำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1.” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- วิรุฬ พรรณเทวี. 2542. “ความพึงพอใจของประชาชนต่อการให้บริการของหน่วยงาน. กระทรวงมหาดไทยในอำเภอเมืองจังหวัดแม่ฮ่องสอน”. ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์. 2551. **วิศวกรรมแม่เหล็กไฟฟ้า Electromagnetics engineering**. กรุงเทพฯ : งานตำราและเอกสารการพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สยามโฟน ดอท คอม. 2557. **สมาร์ตโฟนคืออะไร แท็บเล็ต-แพ็บเล็ตต่างกันอย่างไร**. [Online]. Available : <http://news.siamphone.com/news-14121.html>
- สันติ อัครศรีพงษ์ธร. 2533. **สนามแม่เหล็กไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : ฟีนีซ์พับลิชชิง.
- สาโรช ไสยสมบัติ. 2534. “ความพึงพอใจในการทำงานของครูอาจารย์โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัด กรมสามัญศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด.” การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม.
- สุภาวดี แซ่ฮุยและศิริรัตน์ ดีสอน. 2559. “การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง ระบบคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.” ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุรวาท ทองบุ. 2550. **การวิจัยทางการศึกษา**. มหาสารคาม : อภิชิตการพิมพ์.
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528. **การผลิตวัสดุเทคโนโลยีทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อริญญา หลวงแก้ว. 2557. **สื่อการสอน**. [Online]. Available : <https://arinyalaongkeaw.wordpress.com>.
- Alexander J. Romiszowski. 1994. “Educational Systems Design Implications of Electronic Publishing.” **Electronic Publishing**. 34(7) : 6-12.
- Campbell, A. 1976. **The Well-Being of Junior High School Students in Taiwan in Relation to Familial Socioeconomic Status, School Life Adjustment, and Deviant Behavior**. Subjective Measures and of Well-being. American Psychologist, The Western Journal of Medicine.
- J.A. Morton. 1971. **Organizing for Innovation a Systems Approach to Technical Management**. New York : McGraw – hill Education.
- Kemp, Jerrold E. and Smellie. Don C. 1989. **Planning, Producing and Using Instructional Media**. 6th ed. New York : Harper and Row publishers.

Likert Rensis A. 1961. **New Patterns of Management.** New York : McGraw-Hill Book Company Inc.

Seels and Glasgow. 1998. **Making Instructional Design Decisions.** 2nd ed. NJ : Merrill Prentice Hall.

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	หนังสือราชการ
ภาคผนวก ข	รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ
ภาคผนวก ค	แบบประเมินคุณภาพ
ภาคผนวก ง	ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
ภาคผนวก จ	เนื้อหาที่ใช้ในบทเรียน เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า
ภาคผนวก ฉ	คู่มือการใช้งานและการติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ



คำสั่งคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ที่ ๘๘๓ /2560

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ  
เค้าโครงวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบสำรอง ของนางสาวนันทิชา มณีฤทธิ

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ ของนางสาวนันทิชา มณีฤทธิ รหัสประจำตัว 56603281  
หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร เป็นไปด้วยความเรียบร้อย  
และมีประสิทธิภาพ จึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อปรึกษาและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์  
ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
 

รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
รศ.ปิยะ	ศุภราราสุวรรณ	อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์
 

รศ.ดร.ศุภวัฒน์	ลาวัญย์วิสุทธิ์	ประธานกรรมการภายนอก
รศ.ดร.วิสุทธิ์	สุนทรกนกพงศ์	กรรมการ
รศ.ปิยะ	ศุภราราสุวรรณ	กรรมการ
รศ.ดร.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	กรรมการ
ผศ.ดร.วินัย	ใจกล้า	กรรมการ
3. คณะกรรมการสอบสำรอง
 

นอ.ดร.วีระชัย	เขาว์กำเนิด	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตพิเศษ)
ผศ.ดร.ไพฑูริย์	พวงวงศ์ตระกูล	กรรมการ	(อาจารย์บัณฑิตประจำ)

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ 15 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติยงค์ มะโน)  
คณบดี



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ  
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์  
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 27 เมษายน 2561  
ให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวนันชีวา มณีฤทธิ์ รหัสประจำตัว 56603281 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับ  
บทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า (Application for Instruction on  
Android of Vector and Electromagnet Field)” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น  
ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2561

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดี



ที่ ศธ 0524.04/1622

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

21 พฤษภาคม 2561

เรื่อง หนังสือตอบรับเพื่อนำเสนอขอความในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 8

เรียน นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์

ด้วยคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความยินดีเรียนเชิญท่านเข้านำเสนอขอความ เรื่อง “**แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า**” ในการประชุมวิชาการทางการศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 8 “การพัฒนาประสบการณ์การเรียนรู้ในชีวิตจริง: นวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน” ซึ่งจะจัดขึ้นในระหว่าง วันที่ 31 พฤษภาคม - 1 มิถุนายน 2561 ณ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทรศัพท์ 0 2329 8000 ต่อ 3722

โทรสาร 0 2329 8435



ที่ ศธ 0524.04/1388

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

4 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ  
2. บทเรียน

ด้วย นางสาวนันชีวา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 27 เมษายน 2561 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นางสาวนันชีวา มณีฤทธิ์ เก็บรวบรวมข้อมูลกับนักศึกษาระดับชั้น ปวส. 1 และ 2 แผนกอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้บทเรียนทดลองสอน ภายในสถานศึกษาของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-279-8742



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1339 วันที่ 1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหา

เรียน ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการ  
ตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น  
พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหาตามด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Smur Ahm*

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 1339



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหา

เรียน อาจารย์เทิดศักดิ์ เจริญเนาวรัตน์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหา

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหานี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการ  
ตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-279-8742

ที่ ศธ 0524.04/ 1339



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ  
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง  
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหา

เรียน อาจารย์นิติ เกื้อกูลวงศ์ชัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหา

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเนื้อหาว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการ  
ตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 097-279-8742



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1339 วันที่ 1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิค  
การผลิตสื่อ

เรียน ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด  
ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ มีความ  
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1339 วันที่ 1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิค  
การผลิตสื่อ

เรียน ผศ.สุชิน อางหาญ

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสวัสดิ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด  
ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ์ มีความ  
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

*Sinnat*  
(ดร.ราตรี ศิริพันธุ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี



## บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692  
ที่ ศธ 0524.04 / 1339 วันที่ 1 พฤษภาคม 2561

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิค  
การผลิตสื่อ

เรียน ผศ.อำพล ทองระอา

ด้วย นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง  
เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า” โดยมี รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
และ รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้  
ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบ  
ประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด  
ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของ นางสาวนันทิชา มณีฤทธิ มีความ  
สมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบประเมินและแบบสอบถามด้านเทคนิคการผลิตสื่อมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ  
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา  
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ภาคผนวก ข รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพด้านเนื้อหา

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาประกอบด้วย

1. อาจารย์เทอดศักดิ์ เจริญเนาวรัตน์      อาจารย์ประจำแผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม  
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
  
2. อาจารย์นิติ เกื้อกุลวงศ์ชัย      อาจารย์ประจำวิชาพื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า  
แผนกเทคโนโลยีโทรคมนาคม  
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
  
3. ผศ.ดร.ประเสริฐ เคนพันค้อ      ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ด้านเทคนิคการผลิตสื่อประกอบด้วย

1. ผศ.สุชิน อางหาญ  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผศ.ดร.ศิริรัตน์ เพ็ชรแสงศรี  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์  
 อุตสาหกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผศ.อำพล ทองระอา  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพ

**แบบประเมินคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ  
แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า**

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เกี่ยวกับแบบประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

**หมายเหตุ**

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข

ลงชื่อ ..... ผู้วิจัย

(นางสาวนันชีวา มณีฤทธิ์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตอนที่ 1. ข้อคำถามแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
1. ด้านรูปแบบการนำเสนอ					
1.1 การออกแบบหน้าจอ โดยภาพรวม					
1.2 รูปภาพสอดคล้องกับบทเรียน					
1.3 การนำเสนอต่อเนื่อง					
1.4 เมนูหลักเข้าถึงง่าย สะดวก ต่อการใช้งาน					
1.5 ช่วยเสริมทักษะการเรียนรู้					
1.6 การออกแบบที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ อยากเรียน					
2. ด้านการออกแบบ					
2.1 รูปแบบของตัวอักษร					
2.2 ขนาดตัวอักษร					
2.3 สีของตัวอักษร					
2.4 ความสวยงาม และความน่าสนใจ โดยรวม					
2.5 ภาพเคลื่อนไหวเหมาะสมกับเนื้อหา					
3. ด้านการใช้สื่อ					
3.1 สื่อมีความสวยงาม					
3.2 ใช้งานง่าย สะดวก					
3.3 ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์					
3.4 มีรายละเอียดเพียงพอ					

ตอนที่ 2. ข้อเสนอแนะด้านเทคนิคการผลิตของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน  
บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

( ..... )

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

**แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา**  
**แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์**  
**เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า**

**คำชี้แจง**

1. แบบประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาเกี่ยวกับแบบประเมินแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อคำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 หมายถึง ควรปรับปรุง

**หมายเหตุ**

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข

ลงชื่อ ..... ผู้วิจัย

(นางสาวนันชีวา มณีฤทธิ์)

นักศึกษาปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**ตอนที่ 1** ข้อคำถามแสดงความความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
<b>1. ด้านเนื้อหา</b>					
1.1 เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน					
1.2 เนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
1.3 เนื้อหาเรียงลำดับถูกต้องตามขั้นตอน					
1.4 เนื้อหาสนใจในการเรียน					
1.5 ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
1.6 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน					
<b>2. ด้านการนำเสนอ</b>					
2.1 การนำเสนอต่อเนื่อง					
2.2 ขนาดของตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ					
2.3 ความเหมาะสมภาพ+เนื้อหาสอดคล้อง					
2.4 ความเหมาะสมของตัวอย่างโจทย์					
2.5 ไอคอนเครื่องมือชัดเจน					
2.6 คำอธิบายตัวอย่างชัดเจนง่ายต่อการฝึก					
2.7 ความสะดวกในการเรียนบทเรียน					

**ตอนที่ 2** ข้อเสนอแนะด้านเนื้อหาของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน  
( ..... )  
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

แบบสอบถามวัดความพึงพอใจที่มีต่อแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน  
บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

คำชี้แจง ให้ท่านทำเครื่องหมาย / ในช่องระดับที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน เพียงช่องเดียวเท่านั้น

ข้อ	ข้อความ	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1	ความสะดวกในการเรียนด้วยแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน					
2	เนื้อหาสอดคล้องกับบทเรียน					
3	ภาพสอดคล้องกับบทเรียน					
4	สีบทเรียนสอดคล้องภาพประกอบ					
5	ความน่าสนใจ					
6	ความสวยงาม					
7	สื่อเสริมสร้างความเข้าใจในบทเรียน					
8	ความชัดเจนของตัวอักษร					
9	ไอคอนเครื่องมือชัดเจน					
10	ความชัดเจนของการเรียกชื่อไอคอน					
11	สามารถทบทวนบทเรียนได้					
12	ความเหมาะสมของคำถามต่อเนื้อหา					
13	อธิบายเนื้อหาเข้าใจง่าย					
14	ชอบเรียนด้วยการสอนโดยบทเรียนออนไลน์					
15	เนื้อหาความรู้จากสื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษา					

ปัญหา / ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์  
วิชา พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	5	1. ให้นิยามของคำว่าปริมาณเวกเตอร์ได้
	5	2. ให้นิยามของคำว่าปริมาณสเกลาร์ได้
3. พีชคณิตทางเวกเตอร์	5	3. เขียนนิพจน์แทนเวกเตอร์ใดๆได้
4. เวกเตอร์หนึ่งหน่วย	15	4. คำนวณหาหนึ่งหน่วยของเวกเตอร์ใดๆได้
	15	5. คำนวณหาระยะทางของเวกเตอร์ได้
	15	6. คำนวณหามุมระหว่างเวกเตอร์ได้
	15	7. คำนวณหาพื้นที่ของเวกเตอร์ได้
5. การบวกเวกเตอร์	5	8. อธิบายถึงคุณสมบัติการบวกเวกเตอร์ได้
	20	9. คำนวณวิธีการบวกเวกเตอร์แบบรูปภาพได้
6. การลบเวกเตอร์	5	10. อธิบายถึงคุณสมบัติการลบเวกเตอร์ได้
7. การคูณเวกเตอร์ แบบ Dot product	5	11. อธิบายความหมายการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้
	20	12. คำนวณการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้
8. การคูณเวกเตอร์ แบบ Cross product	10	13. อธิบายความหมายการคูณเวกเตอร์แบบ Cross product ได้
	20	14. คำนวณการคูณเวกเตอร์แบบ Cross product ได้
9. สรุป	10	15. สรุปความรู้จากการเรียนได้
<b>รวม</b>	<b>180</b>	

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์

- ปริมาณสเกลาร์หมายถึงอะไร
 

ก. ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว	ข. ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
ค. ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว	ง. ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง
- ปริมาณเวกเตอร์หมายถึงอะไร
 

ก. ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว	ข. ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
ค. ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว	ง. ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง
- ถ้า  $G = 3\vec{a}_x - 5\vec{a}_y + 7\vec{a}_z$  และ  $H = 2\vec{a}_x + 4\vec{a}_y - 6\vec{a}_z$  จงหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ  $3G - 2H$ 

ก. $0.123\vec{a}_x - 0.567\vec{a}_y + 0.814\vec{a}_z$	ข. $0.132\vec{a}_x - 0.414\vec{a}_y - 0.52\vec{a}_z$
ค. $0.75\vec{a}_x + 0.49\vec{a}_y + 0.814\vec{a}_z$	ง. $0.75\vec{a}_x - 0.49\vec{a}_y + 0.52\vec{a}_z$
- ข้อใดคือปริมาณสเกลาร์
 

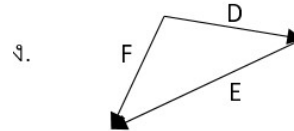
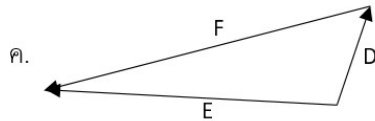
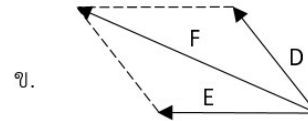
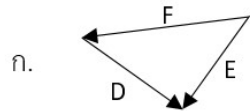
ก. เวลา	ข. ความเร็ว
ค. การกระจัด	ง. แรง
- ถ้าจุด R และ จุด S อยู่ที่  $(-3, 7, 0)$  และ  $(4, 0, -2)$  ตามลำดับ จงหาเวกเตอร์กระจัด R ไปยัง S ( $\vec{r}_{RS}$ )
 

ก. $\vec{a}_x + 7\vec{a}_y + 2\vec{a}_z$	ข. $\vec{a}_x + 7\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$
ค. $-7\vec{a}_x + 7\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$	ง. $7\vec{a}_x - 7\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$
- จงหามุมระหว่างเวกเตอร์  $\vec{A}$  กับ  $\vec{B}$  เมื่อ  $\vec{A} = 10\vec{a}_x + 2\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$  และ  $\vec{B} = -2\vec{a}_x + \vec{a}_y + 3\vec{a}_z$ 

ก. $35^\circ$	ข. $40.30^\circ$
ค. $43.94^\circ$	ง. $65.45^\circ$
- กำหนดให้จุด P และ จุด Q อยู่ที่  $(0, -3, 6)$  และ  $(5, 0, -6)$  ตามลำดับ จงหาเวกเตอร์ขนาดเท่ากับ 20 ที่ขนานกับ PQ
 

ก. $7.5\vec{a}_x + 4.5\vec{a}_y - 18\vec{a}_z$	ข. $-11\vec{a}_x - 6.71\vec{a}_y + 32.21\vec{a}_z$
ค. $2.5\vec{a}_x - 1.5\vec{a}_y + 7.2\vec{a}_z$	ง. $25\vec{a}_x + 15\vec{a}_y - 72\vec{a}_z$

8. ข้อใดแสดงการลบเวกเตอร์ผิด ( $D - E = F$ )



9. จงหาผลคูณแบบ dot product เมื่อ  $\vec{A} = 10\vec{a}_x + 2\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$  และ  $\vec{B} = -2\vec{a}_x + \vec{a}_y + 3\vec{a}_z$

ก. 15

ข. 28

ค. 33

ง. 43

10. จงหาผลคูณแบบ cross product เมื่อ  $\vec{G} = 9\vec{a}_x - 5\vec{a}_y + 6\vec{a}_z$  และ  $\vec{H} = 3\vec{a}_x + 6\vec{a}_y + 9\vec{a}_z$

ก.  $-35.50\vec{a}_x - 24\vec{a}_y + 32\vec{a}_z$

ข.  $45\vec{a}_x - 65\vec{a}_y - 69\vec{a}_z$

ค.  $56\vec{a}_x - 45\vec{a}_y - 63\vec{a}_z$

ง.  $-81\vec{a}_x - 63\vec{a}_y - 69\vec{a}_z$

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์  
วิชา พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน	10	1. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้
3. ระบบพิกัดทรงกระบอก	10	2. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกระบอกได้
4. ระบบพิกัดทรงกลม	10	3. อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกลมได้
	10	4. อธิบายความแตกต่างของระบบพิกัดแต่ละชนิดได้
	30	5. คำนวณหาระยะทาง, พื้นที่, ปริมาตรในทางเวกเตอร์ได้
	30	6. คำนวณหาระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในเวกเตอร์ได้
5. การแปลงเวกเตอร์ระบบพิกัด	60	7. แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้
6. สรุป	10	8. สรุปความรู้จากการเรียนได้
<b>รวม</b>	<b>180</b>	

แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์

- ตัวแปร :  $\emptyset$  คืออะไรในระบบพิกัดทรงกระบอก
 

ก. ปริมาตรระยะทางบนระนาบ x-y	ข. เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทางของ $\rho$
ค. มุมที่รัศมี $r$ ทำกับแกน $z$	ง. ปริมาตรมุมที่ระยะทาง $\rho$ ทำกับแกน $x$ บนระนาบ x-y
- ตัวแปรในข้อใดแทนมุมที่เงาฉาย (Projection) ของรัศมี  $r$  ทำกับแกน  $x$  บนระนาบ x-y
 

ก. $x$	ข. $\theta$
ค. $\emptyset$	ง. $\rho$
- หนึ่งหน่วยเวกเตอร์ของระบบพิกัดทรงกลมที่จุดใดๆเขียนแทนด้วยตัวแปรในข้อใด
 

ก. $(x, y, z)$	ข. $(\rho, \emptyset, z)$
ค. $(r, \theta, \emptyset)$	ง. $(a, b, c)$
- ระบบพิกัดมีกี่ชนิด
 

ก. 3	ข. 4
ค. 5	ง. 6
- จุด A อยู่ที่ตำแหน่ง  $(1, 60^\circ, 2)$  จงหาเวกเตอร์บอกตำแหน่งของจุด A
 

ก. $\vec{a}_x + 60\vec{a}_y + 2\vec{a}_z$	ข. $\vec{a}_x + 2\vec{a}_z$
ค. $\vec{a}_\rho + 2\vec{a}_z$	ง. $\vec{a}_r$
- จุด E อยู่ที่ตำแหน่ง  $(2, 45^\circ, 30^\circ)$  จงคำนวณหาระยะห่างของจุด E กับจุดกำเนิด
 

ก. 2	ข. 4
ค. 6	ง. 8
- จงแปลงพิกัดฉาก  $(2, \sqrt{7}, 1)$  ให้เป็นพิกัดทรงกระบอก
 

ก. $\sqrt{7}, 60, 1$	ข. $\sqrt{7}, 0.92, 1$
ค. $\sqrt{11}, 60, 1$	ง. $\sqrt{11}, 0.92, 1$
- จงแปลงพิกัดฉาก  $(1, 2, 2)$  เป็นพิกัดทรงกลม
 

ก. $(1, 40^\circ, 60^\circ)$	ข. $(1, 51.46^\circ, 50^\circ)$
ค. $(1, 63.43^\circ, 48.18^\circ)$	ง. $(1, 75.13^\circ, 35.35^\circ)$

9. จงแปลงพิกัดทรงกระบอก  $(2, \frac{\pi}{4}, 1)$  เป็นพิกัดฉาก

ก.  $(1, \sqrt{2}, 1)$

ข.  $(\sqrt{2}, \sqrt{2}, 1)$

ค.  $(3, \sqrt{2}, 1)$

ง.  $(2\sqrt{2}, \sqrt{2}, 1)$

10. จงแปลงพิกัดทรงกลม  $(3, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3})$  เป็นพิกัดฉาก

ก.  $\frac{1\pi}{3}, \frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{4}{3}$

ข.  $\frac{9}{4}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}$

ค.  $\frac{9}{2}, \frac{3\sqrt{3}}{2}, \frac{\sqrt{3}}{2}$

ง.  $\frac{9}{4}, \frac{3\sqrt{3}}{2}, \frac{3}{2}$

**แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สนามไฟฟ้า**  
**วิชา พื้นฐานสนามแม่เหล็กไฟฟ้า**

**คำชี้แจง :** โปรดเติมเครื่องหมาย (✓) ในช่องระดับความคิดเห็นของท่านดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์  
0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับจุดประสงค์  
-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

หัวข้อการสอน	เวลา (นาที)	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (เพื่อให้ให้นักศึกษาสามารถ)
1. การนำเข้าสู่บทเรียน	10	
2. กฎคูลอมบ์	10	1. อธิบายความหมายของกฎคูลอมบ์ได้
	10	2. เขียนสมการกฎคูลอมบ์ในรูปเวกเตอร์ได้
	40	3. คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วยกฎคูลอมบ์ได้
3. สนามไฟฟ้า	20	4. อธิบายการเกิดสนามไฟฟ้าได้
	10	5. เขียนสมการของสนามไฟฟ้าได้
	30	6. คำนวณขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้
4. เส้นสนามไฟฟ้า	10	7. อธิบายการเกิดเส้นสนามไฟฟ้าได้
	20	8. อธิบายความแตกต่างของสนามไฟฟ้าแบบต่างๆได้
5. ความแรงสนามไฟฟ้า	10	9. อธิบายความหมายของความแรงสนามไฟฟ้าได้
6. สรุป	10	10. สรุปความรู้จากการเรียนได้
<b>รวม</b>	<b>180</b>	

## แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง สนามไฟฟ้า

1. ข้อใดคือความหมายของกฎคูลอมบ์
  - ก. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผันตรงกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - ข. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผกผันกับประจุทั้งสอง และแปรผันตรงกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - ค. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - ง. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผกผันกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง
  
2. ข้อใดคือสมการของกฎคูลอมบ์
 

ก. $k + \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$	ข. $k - \frac{Q_1 + Q_2}{R^2}$
ค. $k \frac{Q_1 - Q_2}{R^2}$	ง. $k \frac{Q_1 Q_2}{R^2}$
  
3. ประจุ  $3 \mu\text{C}$  วางห่างจากประจุ  $-2.5 \mu\text{C}$  เป็นระยะทาง  $10$  เซนติเมตร แรงกระทำนี้มีค่าเท่าใด
 

ก. $5.25$	ข. $6.75$
ค. $7.75$	ง. $8.25$
  
4. จากโจทย์ข้อ 3 แรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุเป็นแรงชนิดใด
 

ก. แรงดึงดูด	ข. แรงผลักกัน
ค. แรงเหวี่ยง	ง. แรงลบ
  
5. อนุภาค A มีประจุ  $2 \mu\text{C}$  และอนุภาค B มีประจุ  $6 \mu\text{C}$  อยู่ห่างกันเป็นระยะ  $3$  เมตร แรงที่อนุภาค B กระทำต่ออนุภาค A มีขนาดเท่าใด
 

ก. $0.012$	ข. $0.023$
ค. $0.034$	ง. $0.045$
  
6. สนามไฟฟ้าที่จุดใดๆ หมายถึงข้อใด
 

ก. ศักย์ไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยระยะทางของจุดนั้น	ข. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุลบที่วางไว้ ณ จุดนั้น
ค. แรงต่อหนึ่งหน่วยประจุบวกที่วางไว้ ณ จุดนั้น	ง. จำนวนเส้นที่แสดงทิศของแรงลัพท์ที่กระทำต่อประจุทดสอบ



ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

## การหาค่าความสอดคล้องของแบบทดสอบ โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ตารางที่ ง.1 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อ	รายการความสามารถ (เพื่อให้นักเรียนสามารถ)	ระดับความเห็น ของผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	สรุป ผล
		ท่านที่					
		1	2	3			
1	ให้นิยามของคำว่าปริมาณสเกลาร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2	ให้นิยามของคำว่าปริมาณเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3	ยกตัวอย่างปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4	ยกตัวอย่างปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ได้	1	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	คำนวณหาหนึ่งหน่วยของเวกเตอร์ใดๆได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*6	คำนวณหาหนึ่งหน่วยของเวกเตอร์ใดๆได้	0	0	-1	-1	-0.33	ใช้ไม่ได้
7	คำนวณหาระยะทางของเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
8	คำนวณหามุมระหว่างเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
9	คำนวณหาพื้นที่ของเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*10	คำนวณวิธีการบวกเวกเตอร์แบบรูปภาพได้	1	1	-1	1	0.33	ใช้ไม่ได้
11	คำนวณวิธีการบวกเวกเตอร์แบบรูปภาพได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
12	อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
13	อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Dot product ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
14	อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Cross product ได้	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
15	อธิบายหลักการคูณเวกเตอร์แบบ Cross product ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*16	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดคาร์ทีเซียนได้	1	1	-1	1	0.33	ใช้ไม่ได้
17	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกระบอกได้	1	1	1	1	0.33	ใช้ได้
18	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรงกระบอกได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อ	รายการความสามารถ (เพื่อให้นักเรียนสามารถ)	ระดับความเห็น ของผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	สรุป ผล
		ท่านที่					
		1	2	3			
19	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัด ทรงกระบอกได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
20	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัด ทรงกระบอกได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
21	อธิบายองค์ประกอบของระบบพิกัดทรง กลมได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
22	อธิบายความแตกต่างของระบบพิกัดแต่ละ ชนิดได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
23	คำนวณหาระยะทาง, พื้นที่, ปริมาตรในทาง เวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
24	คำนวณหาระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุด หนึ่งในเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
25	คำนวณหาระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุด หนึ่งในเวกเตอร์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
26	แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
27	แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
28	แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
29	แปลงพิกัดต่าง ๆ ได้	1	0	1	3	0.67	ใช้ได้
30	อธิบายความหมายของกฎคูลมป์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
31	เขียนสมการกฎคูลมป์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*32	เขียนสมการกฎคูลมป์ได้	1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
*33	เขียนสมการกฎคูลมป์ได้	1	1	-1	1	0.33	เข้าไม่ได้
34	คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วย กฎคูลมป์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
35	คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วย กฎคูลมป์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อ	รายการความสามารถ (เพื่อให้นักเรียนสามารถ)	ระดับความเห็น ของผู้ทรงคุณวุฒิ			$\Sigma R$	IOC	สรุป ผล
		ท่านที่					
		1	2	3			
36	คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วย กฎคูลอมบ์ได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*37	คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วย กฎคูลอมบ์ได้	1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
*38	คำนวณหาแรงที่กระทำต่อประจุด้วย กฎคูลอมบ์ได้	1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้
39	อธิบายเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
40	อธิบายเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
41	อธิบายเกี่ยวกับสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
42	คำนวณขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
43	คำนวณขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*44	คำนวณขนาดและทิศทางของสนามไฟฟ้าได้	0	0	0	0	0	ใช้ไม่ได้
45	อธิบายลักษณะเส้นแรงสนามไฟฟ้าได้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
*46	อธิบายลักษณะเส้นแรงสนามไฟฟ้าได้	1	0	0	1	0.33	ใช้ไม่ได้

## การหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

ข้อ	$R_U$	$R_L$	ความ ยากง่าย (P)	ระดับความ ยากง่าย	แปล ความหมาย ค่าความยาก ง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก ( r )	ระดับ อำนาจ จำแนก	แปล ความหมาย ค่าอำนาจ จำแนก
1	18	13	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้
2	19	11	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.40	สูงมาก	ใช้ได้
3	17	14	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้
4	18	14	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
5	18	14	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
6	17	12	0.73	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้
7	14	8	0.55	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.30	สูง	ใช้ได้
8	18	11	0.73	ง่าย	ใช้ได้	0.35	สูง	ใช้ได้
9	18	12	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.30	สูง	ใช้ได้
10	17	14	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้
11	19	13	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.30	สูง	ใช้ได้
12	19	15	0.85	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
13	15	8	0.58	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.35	สูง	ใช้ได้
14	15	12	0.68	ง่าย	ใช้ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้
15	17	14	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้
16	18	13	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้
17	17	9	0.65	ง่าย	ใช้ได้	0.40	สูงมาก	ใช้ได้
18	17	13	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
19	17	11	0.70	ง่าย	ใช้ได้	0.30	สูง	ใช้ได้
20	18	12	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.30	สูง	ใช้ได้
21	17	13	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
22	19	16	0.88	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อ	$R_U$	$R_L$	ความ ยากง่าย (P)	ระดับความ ยากง่าย	แปล ความหมาย ค่าความยาก ง่าย	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ระดับ อำนาจ จำแนก	แปล ความหมาย ค่าอำนาจ จำแนก
23	18	14	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
24	17	13	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
25	15	8	0.58	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.35	สูง	ใช้ได้
26	18	14	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
27	17	13	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
28	19	12	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.35	สูง	ใช้ได้
29	18	14	0.80	ง่าย	ใช้ได้	0.20	ปานกลาง	ใช้ได้
30	15	9	0.60	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.30	สูง	ใช้ได้
31	18	13	0.78	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้
32	17	12	0.73	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้
33	15	8	0.58	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.35	สูง	ใช้ได้
34	14	6	0.50	ปานกลาง	ใช้ได้ดี	0.40	สูงมาก	ใช้ได้
35	18	15	0.83	ง่ายมาก	ใช้ไม่ได้	0.15	ต่ำ	ใช้ไม่ได้
36	18	12	0.75	ง่าย	ใช้ได้	0.30	สูง	ใช้ได้
37	17	12	0.73	ง่าย	ใช้ได้	0.25	ปานกลาง	ใช้ได้

ตารางที่ 3.3 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบและค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	x	x <sup>2</sup>
กลุ่มสูงคนที่ 1	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 2	20	400
กลุ่มสูงคนที่ 3	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 4	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 5	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 6	25	625
กลุ่มสูงคนที่ 7	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 8	27	729
กลุ่มสูงคนที่ 9	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 10	25	625
กลุ่มสูงคนที่ 11	18	324
กลุ่มสูงคนที่ 12	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 13	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 14	25	625
กลุ่มสูงคนที่ 15	25	625
กลุ่มสูงคนที่ 16	28	784
กลุ่มสูงคนที่ 17	26	676
กลุ่มสูงคนที่ 18	29	841
กลุ่มสูงคนที่ 19	25	625
กลุ่มสูงคนที่ 20	25	625
กลุ่มต่ำคนที่ 1	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 2	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 3	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 4	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 5	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 6	15	225
กลุ่มต่ำคนที่ 7	16	256
กลุ่มต่ำคนที่ 8	16	256
กลุ่มต่ำคนที่ 9	18	324

ตารางที่ ง.3 (ต่อ)

ผู้ทดสอบ	x	x <sup>2</sup>
กลุ่มต่ำคนที่ 10	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 11	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 12	17	289
กลุ่มต่ำคนที่ 13	18	324
กลุ่มต่ำคนที่ 14	18	324
กลุ่มต่ำคนที่ 15	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 16	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 17	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 18	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 19	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 20	20	400
รวม	Σ(x) = 860	Σ(x <sup>2</sup> ) = 19394

$$S_t^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(40 \times 19394) - (860)^2}{40(40-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(775760) - (739600)}{1560}$$

$$S_t^2 = 23.18$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20

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

$$r_{tt} = \frac{40}{39} \left[ 1 - \frac{5.87}{23.18} \right]$$

$$r_{tt} = 0.78$$

## การหาประสิทธิภาพสื่อ

ตารางที่ ๓.4 การหาประสิทธิภาพ

ผู้เรียน	คะแนนก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
คนที่ 1	7	21
คนที่ 2	6	18
คนที่ 3	12	25
คนที่ 4	3	14
คนที่ 5	5	19
คนที่ 6	10	24
คนที่ 7	5	17
คนที่ 8	9	22
คนที่ 9	3	17
คนที่ 10	7	22
คนที่ 11	8	24
คนที่ 12	6	18
คนที่ 13	5	15
คนที่ 14	4	19
คนที่ 15	5	19
คนที่ 16	6	14
คนที่ 17	9	23
คนที่ 18	8	22
คนที่ 19	11	25
คนที่ 20	7	22
$\bar{X}$	6.8	20
(S.D.)	2.50	3.29

จากตารางที่ ๓.5 นำคะแนนมาคำนวณตามสูตรการหาประสิทธิภาพแบบเมกุยกแวนส์ได้ดังต่อไปนี้

$$\text{Meguigans Ratio} = \frac{20 - 6.8}{30 - 6.8} + \frac{20 - 6.8}{30}$$

$$= 1.0089$$

ผลการนำคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนมาคำนวณได้เท่ากับ 1.0089 ซึ่งมีค่ามากกว่า 1.00 ตามมาตรฐานเมกยูแกนส์ แสดงว่าแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้งานได้จริง

### การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ง.5 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

t-test	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	ผลต่าง	D <sup>2</sup>
นักเรียน	(คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	(คะแนนเต็ม 30 คะแนน)		
คนที่1	7	21	14	196
คนที่2	6	18	12	144
คนที่3	12	25	13	169
คนที่4	3	14	11	121
คนที่5	5	19	14	196
คนที่6	10	24	14	196
คนที่7	5	17	12	144
คนที่8	9	22	13	169
คนที่9	3	17	14	196
คนที่10	7	22	15	225
คนที่11	8	24	16	256
คนที่12	6	18	12	144
คนที่13	5	15	10	100
คนที่14	4	19	15	225
คนที่15	5	19	14	196
คนที่16	6	14	8	64
คนที่17	9	23	14	196
คนที่18	8	22	14	196
คนที่19	11	25	14	196
คนที่20	7	22	15	225
		<b>คะแนนรวม</b>	<b>136</b>	<b>400</b>

จากตาราง ง.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้นำมาคำนวณจากสูตร t-test dependent ดังนี้

สูตร T-Test

$$T = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}$$

$$T = \frac{400}{\sqrt{\frac{20(400) - (400)^2}{19}}}$$

$$T = 9.14$$

$$\text{เมื่อ } df = 20 - 1 = 19$$

นำค่า T จากการคำนวณเปรียบเทียบตาราง T-Test พบว่ามีค่ามากกว่าอย่างวามีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ภาคผนวก จ เนื้อหาที่ใช้ในบทเรียน เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

## บทที่ 1

### หลักการวิเคราะห์เวกเตอร์

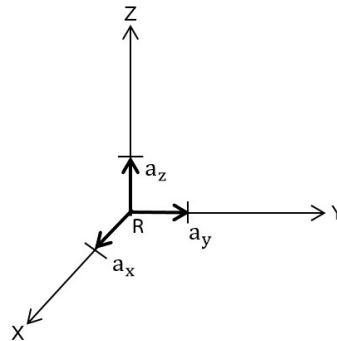
#### 1.1 สเกลาร์และเวกเตอร์ (Scalars and Vectors)

สเกลาร์ หมายถึง ปริมาณที่มีแต่เพียงขนาด เช่น ระยะทาง เวลา อุณหภูมิ มวลสาร ความหนาแน่น ความกดดัน ปริมาตร

เวกเตอร์ หมายถึง ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง เช่น แรง ความเร็ว ความเร่ง ความเข้มของสนามไฟฟ้า

#### 1.2 ส่วนประกอบของเวกเตอร์และยูนิตเวกเตอร์ (Vector component and unit vectors)

##### 1.2.1 ขนาดของเวกเตอร์



ภาพที่ จ1.1 ส่วนประกอบของเวกเตอร์

จากภาพที่ จ1.1 เวกเตอร์  $\vec{R}$  มี  $\vec{R}_x, \vec{R}_y, \vec{R}_z$  เป็นส่วนประกอบ และแสดงขนาดของส่วนประกอบ เวกเตอร์นี้สามารถเขียนเป็น  $|\vec{R}|$  ซึ่งสามารถหาขนาดได้จากสมการที่ 1.1

$$|\vec{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2} \quad 1.1$$

ตัวอย่างที่ 1.1 กำหนดให้เวกเตอร์  $\vec{r}_A = \vec{a}_x + 2\vec{a}_y - 3\vec{a}_z$  จงหา  $|\vec{r}_A|$

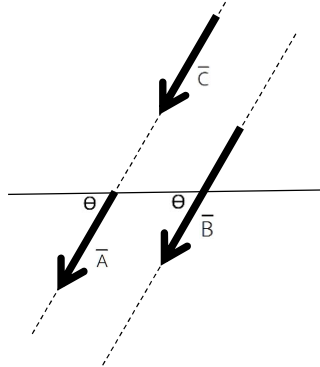
วิธีทำ  $|\vec{r}_A| = \sqrt{1^2 + 2^2 + (-3)^2} = 3.74$

ตัวอย่างที่ 1.2 กำหนดให้เวกเตอร์  $\vec{H} = -2\vec{a}_x + 2\vec{a}_y + 2\vec{a}_z$  จงหา  $|\vec{H}|$

วิธีทำ  $|\vec{H}| = \sqrt{(-2)^2 + 2^2 + 2^2} = 3.46$

### 1.2.2 ทิศทาง

การกำหนดทิศทางของเวกเตอร์ต้องเริ่มจากทิศเหนือ และหมุนตามเข็มนาฬิกาจนถึงจุดเวกเตอร์ โดยมีมุมอยู่ระหว่าง องศาที่ 0 ถึง องศาที่ 360



ภาพที่ จ1.2 ทิศทางของเวกเตอร์

จากภาพที่ จ1.2 เป็นการแสดงทิศทางของเวกเตอร์  $\vec{A}$  ที่มีทิศทางเดียวกันกับเวกเตอร์  $\vec{B}$  โดยขนานกับเวกเตอร์  $\vec{C}$  และ ไปในทิศทางเดียวกัน

### 1.2.3 ยูนิคเวกเตอร์

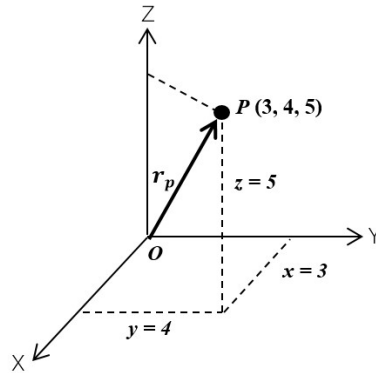
ยูนิคเวกเตอร์หรือเวกเตอร์หนึ่งหน่วย ( $\vec{a}_A$ ) แสดงทิศทาง A และมีขนาดเป็นหนึ่งหน่วย สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\vec{a}_A = \frac{\vec{A}_x \vec{a}_x + \vec{A}_y \vec{a}_y + \vec{A}_z \vec{a}_z}{\sqrt{\vec{A}_x^2 + \vec{A}_y^2 + \vec{A}_z^2}} \quad 1.2$$

หรือ

$$\vec{a}_A = \frac{\vec{A}}{|\vec{A}|} \quad 1.3$$

ตัวอย่างที่ 1.3 จงหาเวกเตอร์หนึ่งหน่วยจากจุดเริ่มต้นไปยังจุด  $P(3,4,5)$  ดังภาพที่ 1.3



ภาพที่ จ1.3 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่จากจุดเริ่มตันไปจุด P

วิธีทำ  $\vec{P} = 3\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 5\vec{a}_z$

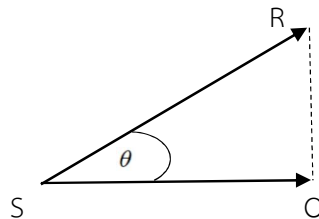
$$|\vec{P}| = \sqrt{3^2 + 4^2 + 5^2} = 7.07$$

$$\vec{a}_P = \frac{\vec{P}}{|\vec{P}|} = \frac{3}{7.07}\vec{a}_x + \frac{4}{7.07}\vec{a}_y + \frac{5}{7.07}\vec{a}_z$$

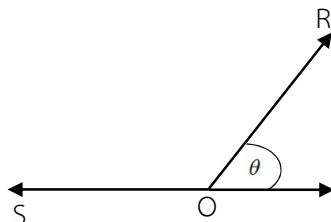
ตอบ  $= 0.42\vec{a}_x + 0.56\vec{a}_y + 0.7\vec{a}_z$

#### 1.2.4 โปรเจกชันเวกเตอร์ (Projection Vector)

โปรเจกชันเวกเตอร์หรือที่เรียกว่า ภาพฉายของเวกเตอร์ โดยกำหนดให้ R เป็นจุด และ S เป็นเส้นตรงบนระนาบ โปรเจกชันของจุด R บนเส้นตรง S ที่จุด O คือจุดตัดของเส้นตรง S ที่ลากตั้งฉากกันไปยังจุด R แสดงดังภาพที่ จ1.4 และ ภาพที่ จ1.5

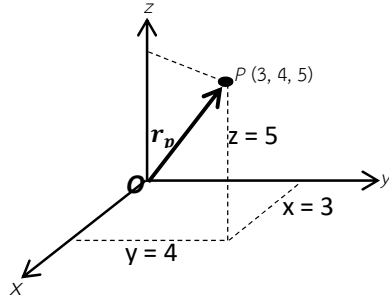


ภาพที่ จ1.4 นิยามโปรเจกชันเวกเตอร์

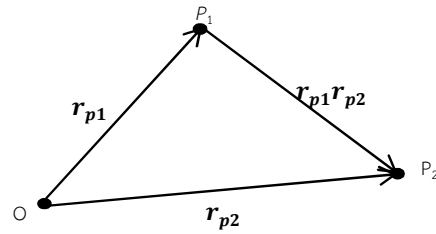


### ภาพที่ จ1.5 นิยามโปรเจกชันเวกเตอร์

ถ้าจุด P อยู่ที่ (3, 4, 5) ดังภาพ 1.6 เราจะได้  $\vec{r}_p = 3\vec{a}_x + 4\vec{a}_y + 5\vec{a}_z$



ภาพที่ จ1.6 ระยะกระจัด



ภาพที่ จ1.7 ระยะกระจัด

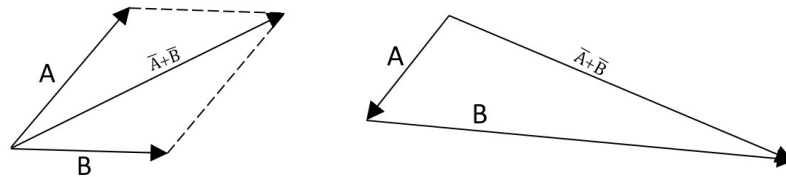
จากภาพที่ จ1.6 และภาพที่ จ1.7 แสดงจุด  $P_1$  และ  $P_2$  อยู่ที่  $(x_1, y_1, z_1)$  และ  $(x_2, y_2, z_2)$  ตามลำดับ  
เวกเตอร์กระจัด คือ ระยะการกระจัดจาก จุด  $P_1$  และ  $P_2$

## 1.3 พีชคณิตเวกเตอร์ (Vector Algebra)

### 1.3.1 การบวกเวกเตอร์ (Vector Addition)

คุณสมบัติของการบวกเวกเตอร์มีดังนี้

กฎการสลับที่	$\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$
กฎการจัดหมู่	$\vec{A} + (\vec{B} + \vec{C}) = (\vec{A} + \vec{B}) + \vec{C}$
กฎการกระจาย	$k(\vec{A} + \vec{B}) = k\vec{A} + k\vec{B}$
เอกลักษณ์	$\vec{A} + 0 = 0 + \vec{A} = \vec{A}$

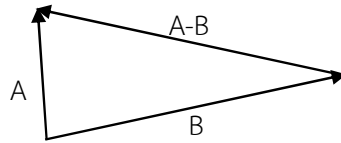


ภาพที่ จ1.8 การบวกเวกเตอร์

### 1.3.2 การลบเวกเตอร์ (Subtraction of Vectors)

คุณสมบัติของการลบเวกเตอร์คล้ายกับคุณสมบัติของการบวกเวกเตอร์ คือ  $\vec{A} - \vec{B}$  เขียนได้เป็น

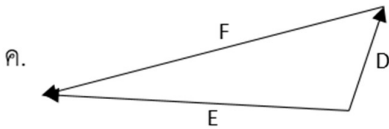
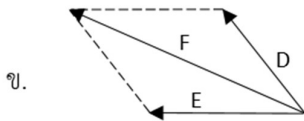
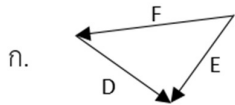
$\vec{A} + (-\vec{B})$  เป็นการกลับทิศทางของ  $\vec{B}$  แล้วนำมาบวกกับ  $\vec{A}$



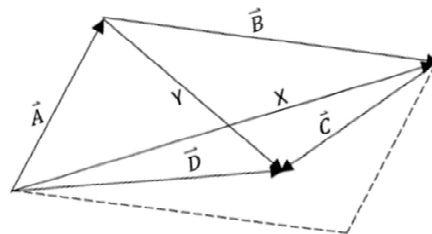
ภาพที่ จ1.9 การลบเวกเตอร์

ตัวอย่างที่ 1.4 จงแสดงการลบเวกเตอร์ ( $D - E = F$ )

วิธีทำ



ตัวอย่างที่ 1.5 จากภาพจงหาค่า X



ก.  $\vec{B} + \vec{C}$

ข.  $\vec{A} + \vec{B}$

ค.  $\vec{D} + \vec{A}$

ง.  $\vec{C} + \vec{A}$

เฉลย ข.

### 1.4 การคูณเวกเตอร์ (Vector Multiplication)

การคูณเวกเตอร์มีด้วยกันสองแบบคือการคูณสเกลาร์และการคูณเชิงเวกเตอร์

คุณสมบัติการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์

กฎการสลับที่  $n\vec{A} = \vec{A}n$

กฎการจัดหมู่  $m(n\vec{A}) = (mn)\vec{A}$

$$\text{กฎการแจกแจง} \quad m(\vec{A} + \vec{B}) = m\vec{A} + m\vec{B}$$

$$\text{กฎการแจกแจงเชิงสเกลาร์} \quad (m+n)\vec{A} = m\vec{A} + n\vec{A}$$

#### 1.4.1 การคูณเวกเตอร์เชิงสเกลาร์ (Scalar Product)

การคูณสเกลาร์ (Scalar Product) หรือ การคูณแบบจุด (Dot Product) เกิดจาก  $\vec{A} \cdot \vec{B}$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta_{AB} \quad 1.4$$

**ตัวอย่างที่ 1.6** จงหาผลคูณแบบจุด เมื่อ  $\vec{A} = 10\vec{a}_x + 2\vec{a}_y - 2\vec{a}_z$  และ  $\vec{B} = -2\vec{a}_x + \vec{a}_y + 3\vec{a}_z$   
วิธีทำ

$$|\vec{A}| = \sqrt{10^2 + 2^2 + 2^2} = 10.39$$

$$|\vec{B}| = \sqrt{2^2 + 1^2 + 3^2} = 3.74$$

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = |\vec{A}| |\vec{B}| \cos \theta_{AB}$$

$$28 = (10.39)(3.74) \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{28}{(10.39)(3.74)}$$

$$\cos \theta = 0.72$$

ตอบ

$$\theta = 43.94^\circ$$

#### 1.4.2 การคูณเชิงเวกเตอร์ (Vector Product)

การคูณเวกเตอร์ (Vector Product) หรือการคูณแบบไขว้ (Cross Product) เกิดจาก  $\vec{A} \times \vec{B}$

$$\vec{A} \times \vec{B} = AB \sin \theta_{AB} \vec{a}_n \quad 1.5$$

ถ้า  $\vec{A} = (\vec{A}_x, \vec{A}_y, \vec{A}_z)$ ,  $\vec{B} = (\vec{B}_x, \vec{B}_y, \vec{B}_z)$  จะหาค่า  $\vec{A} \times \vec{B}$  ผลลัพธ์เป็นดังนี้

$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{a}_x & \vec{a}_y & \vec{a}_z \\ \vec{A}_x & \vec{A}_y & \vec{A}_z \\ \vec{B}_x & \vec{B}_y & \vec{B}_z \end{vmatrix} \quad 1.6$$

$$\vec{A} \times \vec{B} = (\vec{A}_y \vec{B}_z - \vec{A}_z \vec{B}_y) \vec{a}_x + (\vec{A}_z \vec{B}_x - \vec{A}_x \vec{B}_z) \vec{a}_y + (\vec{A}_x \vec{B}_y - \vec{A}_y \vec{B}_x) \vec{a}_z \quad 1.7$$

ถ้า  $A = (\bar{A}_x, \bar{A}_y, \bar{A}_z)$ ,  $B = (\bar{B}_x, \bar{B}_y, \bar{B}_z)$  และ  $C = (\bar{C}_x, \bar{C}_y, \bar{C}_z)$  จะหาค่า  $A \cdot (B \times C)$  ผลลัพธ์เป็นดังนี้

$$A \cdot (B \times C) = \begin{vmatrix} \bar{A}_x & \bar{A}_y & \bar{A}_z \\ \bar{B}_x & \bar{B}_y & \bar{B}_z \\ \bar{C}_x & \bar{C}_y & \bar{C}_z \end{vmatrix} \quad 1.8$$

เรียกสมการ 1.7 และสมการ 1.8 ว่า ผลคูณเชิงสเกลาร์สามชั้น

**ตัวอย่างที่ 1.7** สามเหลี่ยมถูกกำหนดโดยจุด 3 จุด  $A(9,-5,6)$ ,  $B(3,6,9)$  จงหา  $A \times B$

วิธีทำ

$$\bar{A} = 9\bar{a}_x - 5\bar{a}_y + 6\bar{a}_z$$

$$\bar{B} = 3\bar{a}_x + 6\bar{a}_y + 9\bar{a}_z$$

$$A \times B = \begin{vmatrix} \bar{a}_x & \bar{a}_y & \bar{a}_z \\ 9 & -5 & 6 \\ 3 & 6 & 9 \end{vmatrix} = (-45-36)\bar{a}_x + (18-81)\bar{a}_y + (54-(-15))\bar{a}_z$$

$$= -81\bar{a}_x + 63\bar{a}_y + 69\bar{a}_z$$

**ตัวอย่างที่ 1.8**

ถ้า  $A = 10\bar{a}_x + 2\bar{a}_y - 2\bar{a}_z$  และ  $B = -2\bar{a}_x + \bar{a}_y + 3\bar{a}_z$  จงหา :

- (ก) องค์ประกอบของ  $A$  ตามทิศทาง  $a_y$
- (ข) ขนาดของ  $2A + 2B$
- (ค) เวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ  $A + B$

วิธีทำ

(ก) องค์ประกอบของ  $A$  ตามทิศทาง  $a_y$  คือ  $\bar{A}_y = 2$

$$\begin{aligned} \text{(ข)} \quad 2A + 2B &= 2(10, 2, -2) + 2(-2, 1, 3) \\ &= (30, 4, -4) + (-4, 2, 6) \\ &= (34, 6, 2) \end{aligned}$$

จากสมการ 1.1

$$|\bar{R}| = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

$$\begin{aligned}
 |2A + 2B| &= \sqrt{34^2 + 6^2 + 2^2} \\
 &= 2\sqrt{299} &= 34.58
 \end{aligned}$$

(ค) กำหนดให้  $C = A + B = (10, 2, -2) + (-2, 1, 3) = (8, 3, 1)$

เวกเตอร์หนึ่งหน่วยของ  $C$  หาได้จากสมการ 1.3

$$\begin{aligned}
 \bar{a}_c &= \frac{C}{|C|} = \frac{(8, 3, 1)}{\sqrt{8^2 + 3^2 + 1^2}} \\
 \bar{a}_c &= 0.92\bar{a}_x + 0.34\bar{a}_y + 0.11\bar{a}_z
 \end{aligned}$$

### ตัวอย่างที่ 1.9

จุด  $C$  และ จุด  $D$  อยู่ที่  $(3, 5, 7)$  และ  $(5, -4, -1)$  ตามลำดับ จงหา:

- (ก) เวกเตอร์ตำแหน่งของ  $D$
- (ข) เวกเตอร์กระจัดจาก  $C$  ไปยัง  $D$
- (ค) เวกเตอร์ขนาดเท่ากับ 10 ที่ขนานกับ  $CD$

วิธีทำ

(ก)  $r_D = 5\bar{a}_x - 4\bar{a}_y - \bar{a}_z$

(ข)  $r_{CD} = r_D - r_C = (5, -4, -1) - (3, 5, 7) = (2, -9, -8)$

หรือ  $r_{CD} = 2\bar{a}_x - 9\bar{a}_y - 8\bar{a}_z$

(ค) กำหนดให้เวกเตอร์  $Z$  เป็นเวกเตอร์ที่ขนานกับ  $CD$

$$Z = Z\bar{a}_z$$

เมื่อขนาดของ  $Z$  เท่ากับ 10

$$\bar{a}_z = \pm \frac{r_{CD}}{|r_{CD}|}$$

$$\bar{a}_z = \pm \frac{(2, -9, -8)}{12.20}$$

$$A = \pm \frac{10(2, -9, -8)}{12.20}$$

$$= \pm 0.16\bar{a}_x - 0.73\bar{a}_y - 0.65\bar{a}_z$$

## แบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน

1. ปริมาณสเกลาร์หมายถึงอะไร
  - ก. ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว
  - ข. ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
  - ค. ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว
  - ง. ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง
2. ปริมาณเวกเตอร์หมายถึงอะไร
  - ก. ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว
  - ข. ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
  - ค. ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว
  - ง. ปริมาณที่ต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง
3. ข้อใดคือปริมาณสเกลาร์
 

ก. เวลา	ข. ความเร็ว	ค. การกระจัด	ง. แรง
---------	-------------	--------------	--------
4. ข้อใดคือปริมาณเวกเตอร์
 

ก. มวล	ข. ระยะทาง	ค. ความเร่ง	ง. พลังงาน
--------	------------	-------------	------------
5. จุด K (0,-4,6) และ จุด L (-1,-4,-3) จงหา
  - (ก) เวกเตอร์ตำแหน่งของ K
  - (ข) เวกเตอร์หนึ่งหน่วย  $K + L$
  - (ค) ระยะการกระจัดระหว่าง K กับ L
  - (ง) เวกเตอร์ขนาดเท่ากับ 10 ที่ขนานกับ KL

## บทที่ 2

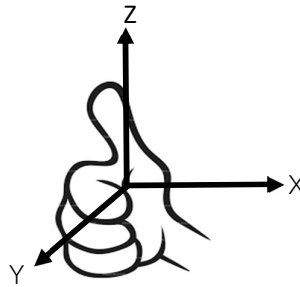
### ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์

#### 2.1 ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate system)

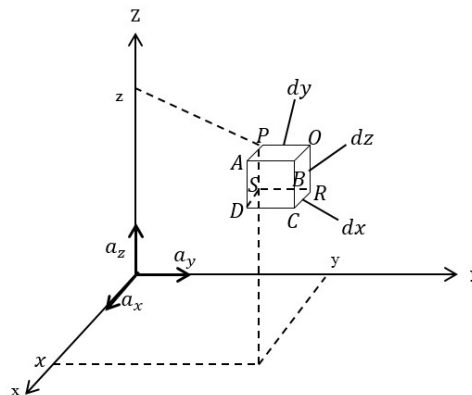
ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน หรือระบบพิกัดฉาก มีแกนสามแกนที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และอาจใช้กฎมือขวาได้ ใช้มือขวา กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วทั้งสามนี้จะแทนแกน  $x, y, z$  ตามลำดับ คือองค์ประกอบคือ

$$X, Y, Z \text{ หรือ } \vec{A}_x \vec{a}_x + \vec{A}_y \vec{a}_y + \vec{A}_z \vec{a}_z \quad 2.1$$

เมื่อเราใช้มือขวา กางนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิ้วทั้งสามนี้จะแทนแกน  $x, y, z$  ตามลำดับ ภาพที่ 2.1 กฎมือขวาแทนระบบพิกัดคาร์ทีเซียน



ภาพที่ จ2.1 กฎมือขวาแทนระบบพิกัดคาร์ทีเซียน



ภาพที่ จ2.2 การดิฟเฟอเรนเชียลในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

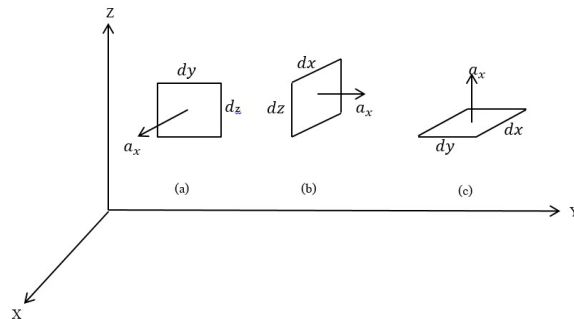
ในส่วนการดิฟเฟอเรนเชียลหรือส่วนอนุพันธ์ (Differential Element) ของความยาว, พื้นที่ และ ปริมาตร รวมทั้งแสดงให้เห็นว่าระบบพิกัดคาร์ทีเซียนมีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้

- 1.การอนุพันธ์ของระยะการกระจัด (Differential Displacement) หาได้จาก สมการที่ 2.2

$$d\vec{l} = dx \vec{a}_x + dy \vec{a}_y + dz \vec{a}_z \quad 2.2$$

2. อนุพันธ์พื้นที่ตั้งฉากกับเวกเตอร์หนึ่งหน่วยดังภาพที่ จ2.3

$$ds = dy dz \vec{a}_x + dx dz \vec{a}_y + dy dx \vec{a}_z \quad 2.3$$



ภาพที่ จ2.3 อนุพันธ์พื้นที่ตั้งฉากกับเวกเตอร์หนึ่งหน่วย

3. อนุพันธ์ของปริมาตร

$$dv = dx dy dz \quad 2.4$$

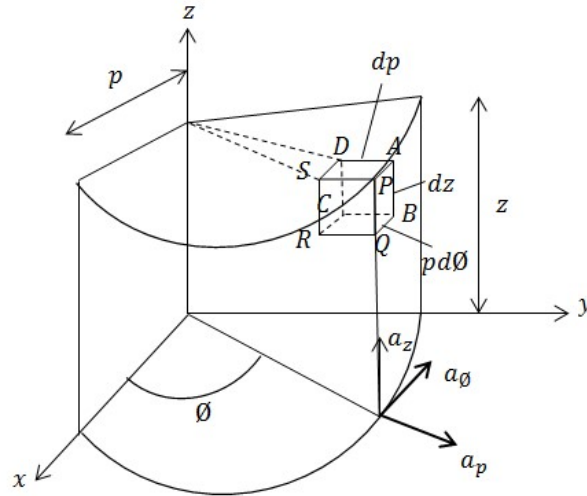
## 2.2 ระบบพิกัดทรงกระบอก (Circular Cylindrical Coordinate)

ระบบพิกัดทรงกระบอก ขั้วแบบ 3 มิติ ทรงตั้งอยู่ในระนาบ กำหนดเป็นระยะทาง  $\rho$  จากจุดกำเนิดแกนและมีมุม  $\theta$  ระหว่างเส้นจากจุดนั้นถึงจุดกำเนิดแกน และเส้นรัศมีใดๆ ที่  $\theta=0$  ความสูงคือแกน  $z$  ซึ่งเริ่มจากจุด  $z = 0$  หรือจุดกำเนิดแกนนั่นเอง ปริมาตรเชิงดิฟเฟอเรนเชียลในระบบพิกัดทรงกระบอกมีองค์ประกอบดังนี้

$$(\vec{A}_\rho, \vec{A}_\theta, \vec{A}_z) \text{ หรือ } \vec{A}_\rho \vec{a}_\rho + \vec{A}_\theta \vec{a}_\theta + \vec{A}_z \vec{a}_z \quad 2.5$$

1. ความยาวเชิงดิฟเฟอเรนเชียล  $dr$ ,  $r d\theta$  และ  $dz$
2. พื้นที่เชิงดิฟเฟอเรนเชียล  $r dr d\theta$ ,  $dr dz$  และ  $r d\theta dz$
3. ปริมาตรเชิงดิฟเฟอเรนเชียลเป็นค่า  $r dr d\theta dz$

องค์ประกอบที่สำคัญของพิกัดทรงกระบอก เป็นดังภาพ จ2.4



ภาพที่ จ2.4 องค์ประกอบที่สำคัญของพิกัดทรงกระบอก

จากภาพที่ จ2.4 แสดงจุด P ในพิกัดทรงกระบอก โดย  $\rho$  เป็น รัศมีของทรงกระบอกที่ผ่านจุด P หรือรัศมีจากแกน Z เรียกว่ามุมเท เป็นมุมที่วัดจากแกน x ในระนาบ xy  $z$  เป็นค่า  $z$  ที่เหมือนกับระบบคาร์ทีเซียน ช่วงที่ตัวแปรเหล่านี้เปลี่ยนแปลงได้ คือ

$$0 \leq \rho < \infty$$

$$0 \leq \theta < 2\pi$$

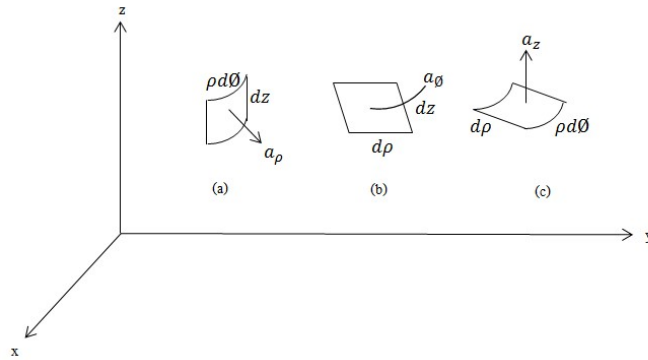
$$-\infty < z < \infty$$

และยังแสดงให้เห็นว่าระบบพิกัดทรงกระบอกมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. อนุพันธ์ของระยะการกระจัด หาได้จาก

$$d\mathbf{l} = d\rho \bar{a}_\rho + \rho d\theta \bar{a}_\theta + dz \bar{a}_z$$

2.6



ภาพที่ จ2.5 คุณสมบัติพื้นฐานของระบบพิกัดทรงกระบอก

2. อนุพันธ์ของพื้นที่ปกติ

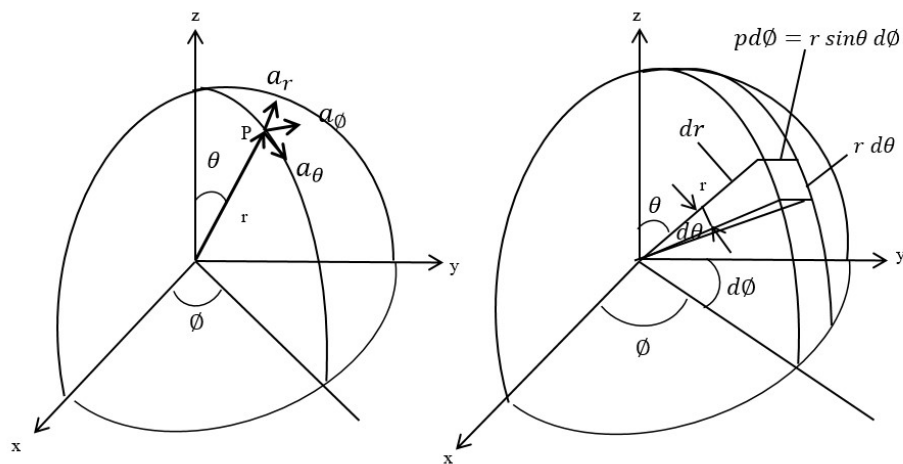
$$dS = \rho d\theta dz \bar{a}_\rho + r dr d\theta \bar{a}_\theta + \rho dr dz \bar{a}_z \tag{2.7}$$

3. อนุพันธ์ของปริมาตร

$$dv = \rho dr d\theta dz \tag{2.8}$$

### 2.3 ระบบพิกัดทรงกลม (Cylindrical Coordinate)

ระบบพิกัดทรงกลมมีการกำหนดตำแหน่งในมิติด้วยพิกัด 3 พิกัด ได้แก่ พิกัด  $r$  = ค่าคงที่วัดจากจุดกำเนิดของแกน  $x, y$  และ  $z$  พิกัดที่ลองคือ  $r \ \varnothing$  ( $\bar{A}_r, \bar{A}_\theta, \bar{A}_\varnothing$ ) หรือ  $\bar{A}_r \bar{a}_r + \bar{A}_\theta \bar{a}_\theta + \bar{A}_\varnothing \bar{a}_\varnothing$



ภาพที่ จ2.6 พิกัดทั้งสามของระบบพิกัดทรงกลม

เช่นเดียวกับระบบพิกัดอื่น ในระบบพิกัดทรงกลมเรากำหนดตำแหน่งของจุดใด ๆ เป็น จุดตัดร่วมระหว่างพื้นผิว 3 พื้นผิวตั้งฉากซึ่งกันและกัน พื้นผิวเหล่านี้ได้แก่ พื้นผิวทรงกลม พื้นผิวทรงกรวย และระนาบตั้งกล่าวข้างต้น

ปริมาตรเชิงดิฟเฟอเรนเชียลประกอบด้วยค่าดังต่อไปนี้

1. ความยาวเชิงดิฟเฟอเรนเชียล  $dr$ ,  $r d\theta$  และ  $r \sin\theta d\phi$
2. พื้นทีเชิงดิฟเฟอเรนเชียล  $r dr d\theta$ ,  $r \sin\theta dr d\phi$  และ  $\sin\theta d\theta d\phi$
3. ปริมาตรเชิงดิฟเฟอเรนเชียลเป็นค่า  $r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$

ระบบพิกัดทรงกลมมีคุณสมบัติพื้นฐาน ดังนี้

1. อนุพันธ์ของระยะการกระจัด หาได้จาก

$$d\mathbf{l} = dr \bar{a}_r + r d\theta \bar{a}_\theta + r \sin\theta d\phi \bar{a}_\phi \quad 2.9$$

2. อนุพันธ์ของพื้นที่ปกติ

$$dS = r^2 \sin\theta d\theta d\phi \bar{a}_r \\ r \sin\theta dr d\theta \bar{a}_\theta \\ r dr d\theta \bar{a}_\phi \quad 2.10$$

3. อนุพันธ์ของปริมาตร

$$dv = r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi \quad 2.11$$

## 2.4 การแปลงระบบพิกัด

การแปลงพิกัดเกิดจากความต้องการในการหาคำตอบของปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก ที่อยู่ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียนที่ง่ายต่อการแก้ปัญหาที่สุด แต่บางปัญหาต้องการคำตอบในรูปคำตอบพิกัดทรงกระบอกและทรงกลมจึงต้องทำการแปลงระบบพิกัด

2.4.1 การแปลงพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นทรงกระบอก ซึ่งระบบพิกัดคาร์ทีเซียนและระบบพิกัดทรงกระบอกมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบดังนี้

สมการการแปลงระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นระบบพิกัดทรงกระบอก

$$x = \rho \cos\phi \quad 2.12$$

$$y = \rho \sin\phi \quad 2.13$$

$$z = z \quad 2.14$$

สมการการแปลงระบบพิกัดทรงกระบอกเป็นระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2} \quad 2.15$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{y}{x} \quad 2.16$$

$$Z = Z \quad 2.17$$

ตารางที่ จ2.1 การเปรียบเทียบตัวแปรและองค์ประกอบของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยการแปลงระหว่างระบบพิกัดคาร์ทีเซียนกับระบบพิกัดทรงกระบอก

	$\overline{a}_\rho$	$\overline{a}_\phi$	$\overline{a}_z$
$\overline{a}_x$	$\cos \phi$	$-\sin \phi$	0
$\overline{a}_y$	$\sin \phi$	$\cos \phi$	0
$\overline{a}_z$	0	0	1

2.4.2 การแปลงพิกัดทรงกระบอกเป็นทรงกลมมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวแปรและองค์ประกอบดังนี้

สมการการแปลงระบบพิกัดคาร์ทีเซียนเป็นระบบพิกัดทรงกลม

$$x = r \sin \theta \cos \phi \quad 2.18$$

$$y = r \sin \theta \sin \phi \quad 2.19$$

$$z = r \cos \theta \quad 2.20$$

สมการการแปลงระบบพิกัดทรงกลมเป็นระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad 2.21$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad 2.22$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad 2.23$$

ตารางที่ จ2.2 การเปรียบเทียบตัวแปรและองค์ประกอบของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยสำหรับการแปลงระหว่างระบบพิกัดคาร์ทีเซียนกับระบบพิกัดทรงกลม

	$\overline{a}_r$	$\overline{a}_\theta$	$\overline{a}_\phi$
$\overline{a}_x$	$\sin \theta \cos \phi$	$\cos \theta \cos \phi$	$-\sin \phi$
$\overline{a}_y$	$\sin \theta \sin \phi$	$\cos \theta \sin \phi$	$\cos \phi$
$\overline{a}_z$	$\cos \theta$	$-\sin \theta$	0

ตัวอย่างที่ 2.1 จุด A อยู่ที่ตำแหน่ง (1, 60°, 2) จงหาเวกเตอร์บอกตำแหน่งของจุด A

ตอบ  $a_\rho + 2a_z$

ตัวอย่างที่ 2.2 จุด A อยู่ที่ตำแหน่ง (1, 60°, 2) จงคำนวณหาระยะห่างของจุด A กับจุดกำเนิด

วิธีทำ  $|A| = \sqrt{1^2 + 2^2}$

ตอบ  $\rho = 2.236$

**ตัวอย่างที่ 2.3** จงแปลงเวกเตอร์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน  $(1, \sqrt{3}, 5)$  ไปเป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดทรงกระบอก

วิธีทำ

$$r = \sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} = 2$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{\pi}{3}$$

ตอบ พิกัดคาร์ทีเซียน  $(1, \sqrt{3}, 5) =$  พิกัดทรงกระบอก  $(2, \frac{\pi}{3}, 5)$

**ตัวอย่างที่ 2.4** จงแปลงเวกเตอร์ในระบบพิกัดทรงกระบอก  $(2, \frac{\pi}{4}, 1)$  ไปเป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

วิธีทำ

$$x = \rho \cos \theta = 2 \cos \frac{\pi}{4} = \sqrt{2}$$

$$y = \rho \sin \theta = 2 \sin \frac{\pi}{4} = \sqrt{2}$$

$$z = 1$$

ตอบ ที่พิกัดทรงกระบอก  $(2, \frac{\pi}{4}, 1) =$  พิกัดคาร์ทีเซียน  $(\sqrt{2}, \sqrt{2}, 1)$

**ตัวอย่างที่ 2.5** จงแปลงเวกเตอร์พิกัดคาร์ทีเซียน  $(-1, 1, \sqrt{2})$  ให้เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดทรงกลม

วิธีทำ

$$\rho = \sqrt{1^2 + 1^2 + (\sqrt{2})^2} = 2$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{-1} = 45^\circ$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{\sqrt{2}}{2} = 45^\circ$$

ตอบ ที่พิกัดคาร์ทีเซียน  $(-1, 1, \sqrt{2}) =$  พิกัดทรงกลม  $(2, 45^\circ, 45^\circ)$

**ตัวอย่างที่ 2.6** จงแปลงเวกเตอร์ในระบบพิกัดทรงกลม  $(2, 30^\circ, 150^\circ)$  ให้เป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน

วิธีทำ

$$x = 2 \sin 150^\circ \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$y = 2 \sin 150^\circ \sin 30^\circ = \frac{1}{2}$$

$$z = 2 \cos 150^\circ = -\sqrt{3}$$

ตอบ ที่พิกัดทรงกลม  $(2, 30^\circ, 150^\circ) =$  พิกัดคาร์ทีเซียน  $(\frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{1}{2}, -\sqrt{3})$

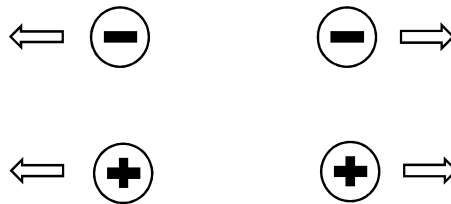


## บทที่ 3

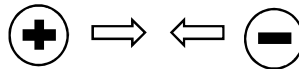
### สนามไฟฟ้า (Electric Field)

#### 3.1 ประจุไฟฟ้า (Electric charge)

ประจุไฟฟ้าที่เกิดกับวัตถุ 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าที่เหมือนกับประจุของโปรตอน เรียกว่า ประจุบวก และประจุไฟฟ้าที่เหมือนกับประจุของอิเล็กตรอน เรียกว่า ประจุลบ โดยแรงระหว่างประจุ มี 2 ชนิดคือ แรงดูด และ แรงผลัก โดยประจุชนิดเดียวกันจะผลักรัน และประจุต่างชนิดกันจะดูดกัน สามารถเขียนทิศของแรงกระทำระหว่างอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 แรงระหว่างอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เป็นประจุชนิดเดียวกัน



ภาพที่ 3.2 แรงระหว่างอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่ต่างชนิดกัน

#### 3.2 กฎคูลอมบ์ (Coulomb's Law)

ชาร์ล คูลอมบ์ นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส (Charles Coulomb, 1736-1806) ศึกษาขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าพบว่าแรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุจะมีทิศตามแนวเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างประจุนั้น ถ้าประจุเป็นชนิดเดียวกันจะเป็นแรงผลักและประจุต่างชนิดเป็นแรงดูด ขนาดของแรงลดลงตามระยะห่างกำลังสองและขึ้นกับปริมาณประจุ สามารถเขียนเป็นภาษาทางคณิตศาสตร์ได้ดังสมการที่ 3.1

$$F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2} \quad 3.1$$

เมื่อ	F	= แรงระหว่างวัตถุ	หน่วยเป็นนิวตัน (N)
	$Q_1, Q_2$	= จำนวนของประจุ	หน่วยเป็นคูลอมบ์ (C)
	R	= ระยะห่างระหว่างประจุ	หน่วยเป็นเมตร (m)
	k	= ค่าคงที่ (Proportionality Constant)	
		$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$	or = $8.988 \times 10^9 \approx 9 \times 10^9$

$$\begin{aligned}\epsilon_0 &= \text{ค่าสภาพยอมของสุญญากาศ (Permittivity) หน่วยเป็น F/m} \\ &= 8.854 \times 10^{-12} = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}\end{aligned}$$

สามารถเขียนสมการใหม่ได้

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad 3.2$$

และสามารถเขียนเป็นสมการในรูปแบบเวกเตอร์หนึ่งหน่วยได้ดังนี้

$$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_{12}^2} \mathbf{a}_{12} \quad 3.3$$

**ตัวอย่างที่ 3.1** ประจุ  $3 \mu\text{C}$  วางห่างจากประจุ  $-2.5 \mu\text{C}$  เป็นระยะทาง  $10$  เซนติเมตร แรงกระทำนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ  $Q_1 = 3 \mu\text{C}, Q_2 = -2.5 \mu\text{C}, r = 0.1 \text{ m}$

$$F = 9 \times 10^9 \left( \frac{(3 \times 10^{-6})(-2.5 \times 10^{-6})}{(10 \times 10^{-2})^2} \right)$$

ตอบ  $= 6.75 \text{ N}$

**ตัวอย่างที่ 3.2** ประจุ  $2.5 \times 10^{-4} \text{ C}$  อยู่ที่ตำแหน่ง  $D(0.5, -2, 1)$  และประจุจุดอีกตัวหนึ่งมีค่า  $21 \mu\text{C}$  อยู่ที่ตำแหน่ง  $E(-1, 3, -5)$  ในสุญญากาศ จงหาแรงที่กระทำต่อประจุตัวที่หนึ่ง

วิธีทำ  $Q_1 = 2.5 \times 10^{-4} \text{ C}, Q_2 = 21 \times 10^{-6} \text{ C}$

$$\mathbf{r} = (-1-0.5)\mathbf{a}_x + (3-(-2))\mathbf{a}_y + (-5-1)\mathbf{a}_z = -1.5\mathbf{a}_x + 5\mathbf{a}_y - 6\mathbf{a}_z$$

$$\mathbf{a}_{12} = \frac{\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|} = \frac{-1.5\mathbf{a}_x + 5\mathbf{a}_y - 6\mathbf{a}_z}{8}$$

$$F = \left( \frac{(2.5 \times 10^{-4})(21 \times 10^{-6})}{4\pi(8.854 \times 10^{-12}) \times 64} \right) \left( \frac{-1.5\mathbf{a}_x + 5\mathbf{a}_y - 6\mathbf{a}_z}{8} \right)$$

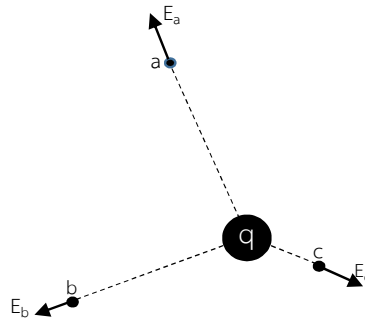
ตอบ  $F = -0.13\mathbf{a}_x + 0.45\mathbf{a}_y - 6\mathbf{a}_z$

### 3.2 สนามไฟฟ้า (Electric Filed)

สนามไฟฟ้าทำให้เกิดแรงกระทำกับอนุภาคประจุได้โดยไม่ต้องสัมผัสกัน ฟาราเดย์ (Faraday) เสนอแนวคิดของสนามไฟฟ้าว่าสนามไฟฟ้าจะเกิดขึ้นรอบวัตถุที่มีประจุ ดังนั้นประจุใดใด  $Q$  จะสร้างอิทธิพลเป็นสนามไฟฟ้าขึ้นมา เรียกว่า ประจุต้นกำเนิด (Source Charge) เพื่อทดสอบหาว่าบริเวณใดๆ มีประจุไฟฟ้า เมื่อนำประจุไฟฟ้าทดสอบเข้าไปวางแล้วจะเกิดแรงกระทำบนประจุไฟฟ้าทดสอบนั้น เกิดขึ้นได้เพราะอิทธิพลของประจุต้นกำเนิดคือแรงที่กระทำกับประจุทดสอบ วิธีการเช่นนี้เรียกว่า principle of superposition

#### 3.2.1 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบจุด

ทิศทางของสนามไฟฟ้ามีทิศเดียวกันกับแรง ซึ่งอยู่ในแนวเส้นรัศมีจากจุดประจุ  $q$  ทิศทางของสนามจะมีทิศพุ่งออก ถ้าประจุ  $q$  เป็นบวก ถ้าเป็นประจุลบ จะมีทิศทางพุ่งออก ภาพที่ 3.3 เป็นสนามไฟฟ้าที่มีทิศพุ่งออกแสดงว่า ประจุ  $q$  เป็นบวกนั่นเอง



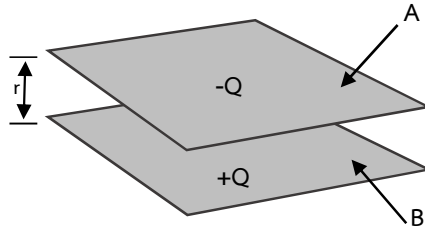
ภาพที่ 3.3 สนามไฟฟ้าที่จุดต่าง ๆ

ขนาดของสนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบจุดทดสอบ สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

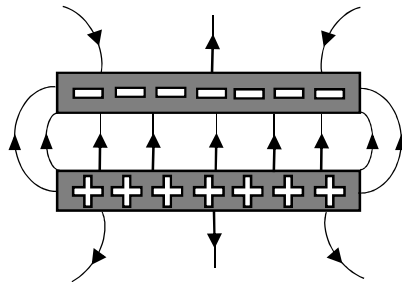
$$E = \frac{F}{q_0} \quad 3.4$$

#### 3.2.2 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบแผ่น

สนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ ที่วางในสนามไฟฟ้าใดๆ หรือหาจากความต่างศักรีระหว่างแผ่นสนามไฟฟ้าที่ขนานกัน จะมีทิศของสนามจะวิ่งจากแผ่นที่มีประจุบวกเข้าสู่แผ่นที่มีประจุลบอย่างสม่ำเสมอ



ภาพที่ จ3.4 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบแผ่น

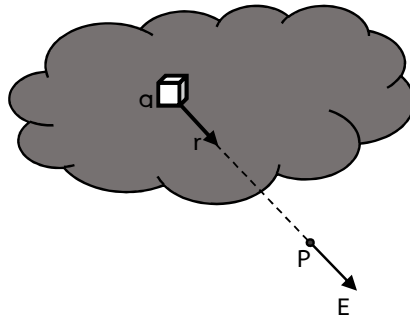


ภาพที่ จ3.5 ทิศทางเส้นสนามของประจุไฟฟ้าแบบแผ่น

### 3.3.3 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

ประจุที่กระจายตัวอยู่รวมกันเป็นรูปทรงอนุภาคของประจุจำนวนมาก การพิจารณาแต่ละอนุภาคซึ่งมีขนาดเล็กที่รวมเป็นวัตถุ สนามไฟฟ้าแบบต่อเนื่องสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

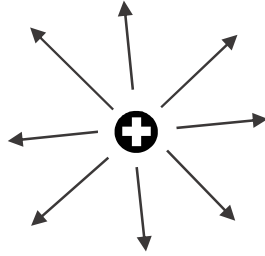
$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \vec{r}_i \quad 3.5$$



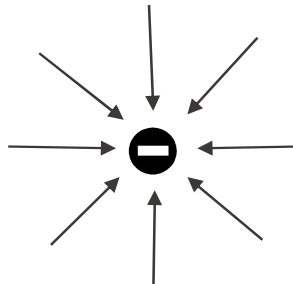
ภาพที่ จ3.6 จุดประจุที่รวมตัวกันจนเป็นอนุภาค

### 3.3 เส้นแรงแสมไฟฟ้า (Electric Line of Force)

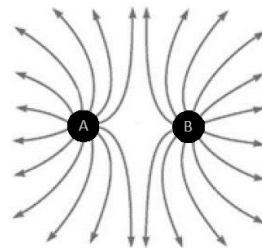
เส้นแสมไฟฟ้าหรือเส้นแสมไฟฟ้า เขียนขึ้นจากภาพจำลองทิศทางการเคลื่อนตัวของเส้นแสมของประจุไฟฟ้ารอบ ๆ จุดประจุ ลักษณะเส้นแสมหรือทิศทางการเคลื่อนตัวของเส้นแสมของประจุแสดงภาพด้านล่างดังต่อไปนี้



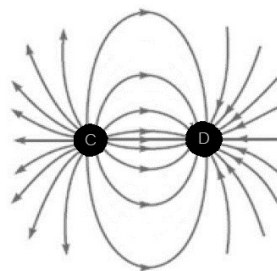
ภาพที่ จ3.7 แสดงทิศทางการเคลื่อนตัวของประจุบวกที่เส้นแสมพุ่งออกจากประจุ



ภาพที่ จ3.8 แสดงทิศทางการเคลื่อนตัวของประจุลบที่เส้นแสมพุ่งเข้าหาประจุ



ภาพที่ จ3.9 ประจุ A และ B เป็นประจุชนิดเดียวกัน ทิศทางการเคลื่อนตัวของเส้นแสมจะพุ่งออกจากกัน



ภาพที่ จ3.7 ประจุ C+ และ D- เส้นแสมพุ่งเข้าหากัน โดยจะวิ่งจากประจุบวกไปหาประจุลบ

### แบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน

- ข้อใดคือความหมายของกฎคูลอมบ์
  - แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผันตรงกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผกผันกับประจุทั้งสอง และแปรผันตรงกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง
  - แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผกผันกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง

2. ประจุ  $4.5 \mu\text{C}$  วางห่างจากประจุ  $5 \mu\text{C}$  เป็นระยะทาง 20 เซนติเมตร แรงกระทำนี้มีค่าเท่าใด

- ก. 5.06                      ข. 5.60                      ค. 6.50                      ง. 6.66

3. จากโจทย์ข้อ 2 แรงที่เกิดขึ้นระหว่างประจุเป็นแรงชนิดใด

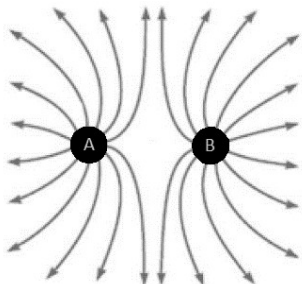
- ก. แรงดึงดูด      ข. แรงผลักดัน      ค. แรงเหวี่ยง      ง. แรงบวก

3. ประจุชนิดจุด 2 ตัว ดังนี้  $Q_1 = 4 \text{ mC}$  อยู่ที่ตำแหน่ง  $F(-2,5,-3)$  และ  $Q_2 = -7 \mu\text{C}$  อยู่ที่ตำแหน่ง  $G(3,5,-1)$  หาแรงเวกเตอร์บน  $Q_2$

- ก.  $8.08\vec{a}_x + 3.23\vec{a}_z$                       ข.  $-8.08\vec{a}_x - 3.23\vec{a}_z$   
 ค.  $8.08\vec{a}_x + 1.85\vec{a}_y + 3.23\vec{a}_z$                       ง.  $-8.08\vec{a}_x - 1.85\vec{a}_y - 3.23\vec{a}_z$

4. ในสนามไฟฟ้ามีอนุภาคหนึ่งประจุ  $-1 \times 10^{-9} \text{ C}$  ซึ่งมีแรงมากระทำเนื่องจากสนามดังกล่าวเท่ากับ  $5 \times 10^{-6} \text{ C}$  มีทิศพุ่งเข้าสู่โลก จงหาขนาดและทิศทางของแรงไฟฟ้าที่กระทำบนอนุภาคโปรตอนทีสนามไฟฟ้านี้

- ก.  $2 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
 ข.  $4 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
 ค.  $6 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
 ง.  $8 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก



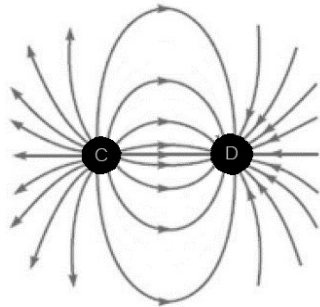
5. ตัวอักษร A ดังภาพด้านบน แทนค่าประจุใด

- ก. +                      ข. -                      ค. x                      ง. ÷

6. ตัวอักษร B ดังภาพด้านบน แทนค่าประจุใด

- ก. +                      ข. -                      ค. X                      ง. ÷

7. ภาพข้างล่างนี้แสดงเส้นแรงไฟฟ้าในบริเวณที่มีทรงกลมขนาดเล็กซึ่งมีประจุ C และ D แล้วข้อใดเป็นจริง



- ก. C มีประจุเป็นลบและ D มีประจุเป็นบวก  
 ข. ขนาดของสนามไฟฟ้ามีขนาดเดียวกันทุกที่  
 ค. C และ D จะต้องมีเครื่องหมายประจุเดียวกัน  
 ง. สนามไฟฟ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์ทุกที่ (ยกเว้นที่ระยะอนันต์จากทรงกลม)

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการ  
แอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า



## คู่มือการติดตั้งและการใช้งาน

แอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน  
บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์  
เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า

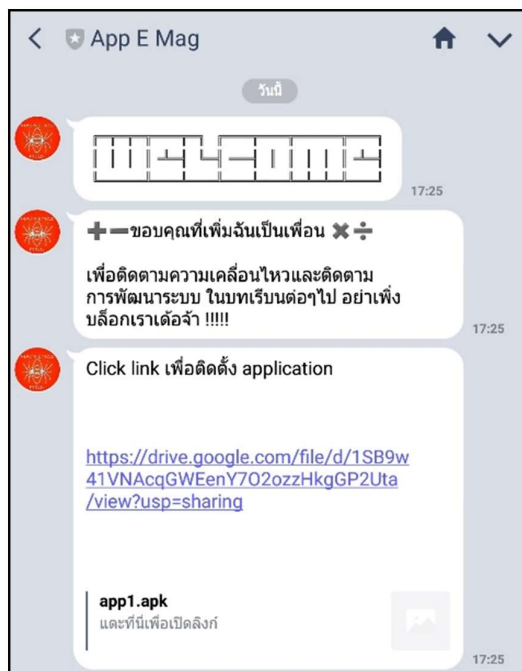
1. เริ่มต้นใช้งานแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียนบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้าจากการเพิ่มเพื่อนจาก LINE OFFICE : APP E AMG จากการ สแกน QR code



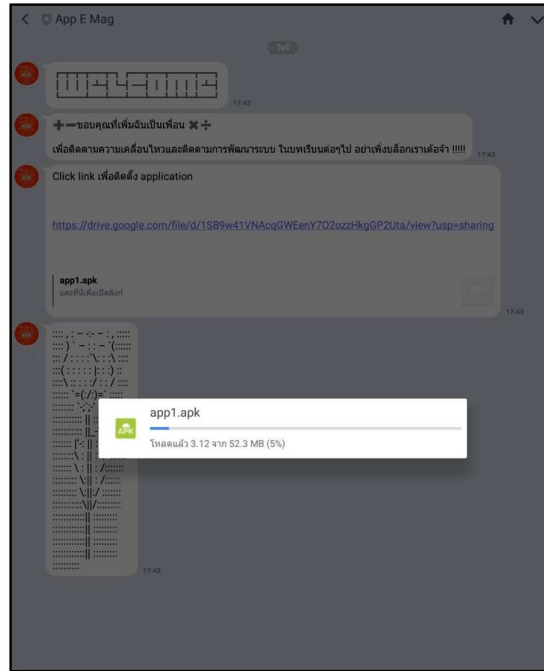
2. กดเพิ่มเพื่อน เพื่อทำการดาวน์โหลดลิงก์ การติดตั้งแอปพลิเคชัน



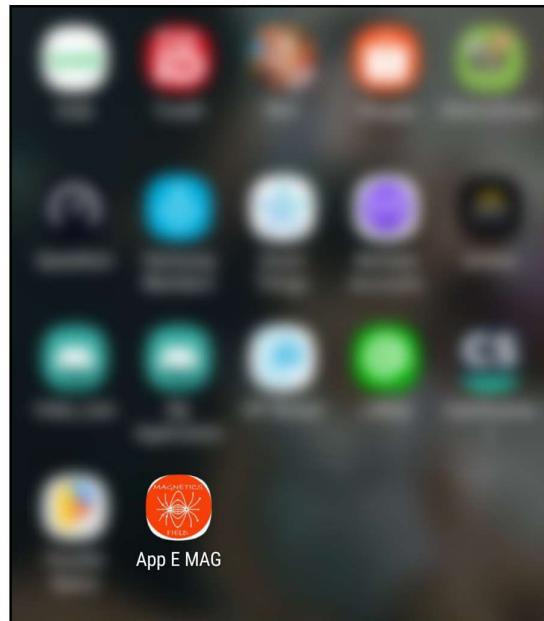
3. เมื่อเพิ่มเพื่อน เรียบร้อยแล้วจะปรากฏข้อความทักทายและลิงก์ สำหรับติดตั้งแอปพลิเคชัน



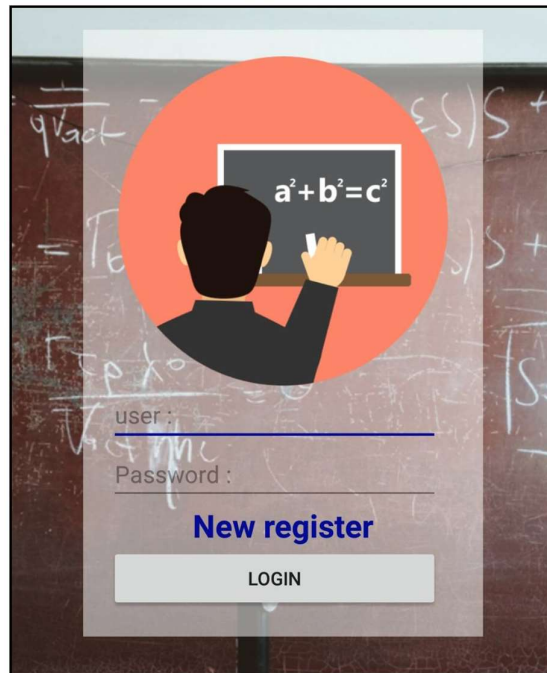
4. ให้กดลิงก์เพื่อทำการติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่อง เวกเตอร์และสนามไฟฟ้า



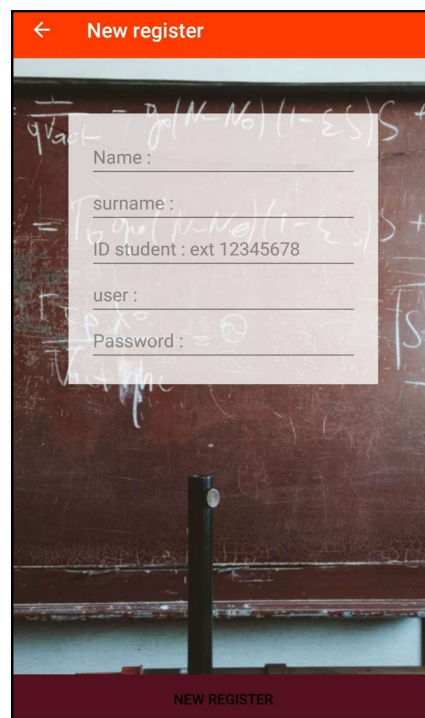
5. เมื่อปรากฏไอคอนแอปพลิเคชัน ดังภาพด้านล่าง แสดงว่าได้ทำการติดตั้งแอปพลิเคชันเสร็จเรียบร้อยแล้ว



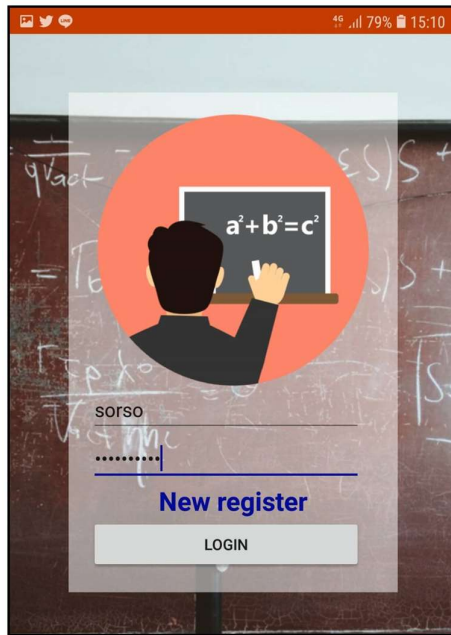
6. หลังจากการติดตั้งเรียบร้อยแล้วเมื่อเปิด แอปพลิเคชันขึ้นมาจะพบกับหน้าการเข้าสู่ระบบ ถ้ายังไม่ได้เป็นสมาชิกให้กดเลือกที่ปุ่ม New register



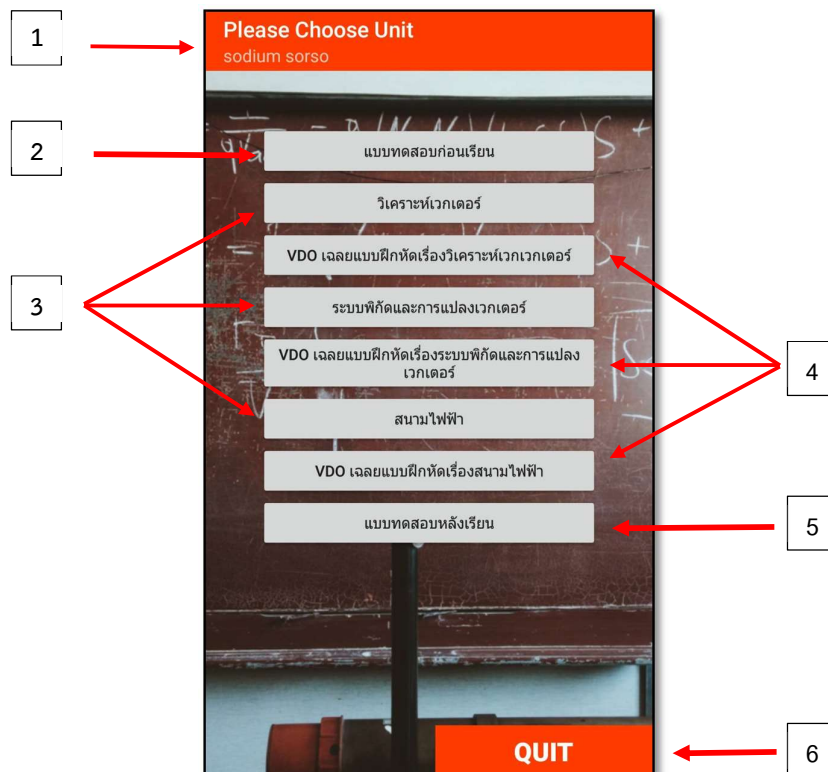
7. ทำการสมัครสมาชิก โดยใส่ข้อมูลให้ถูกต้องและครบถ้วน จากนั้นกด NEW REGISTER เพื่อยืนยันการสมัครสมาชิก



8. เมื่อสมัครสมาชิกเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะกลับมาหน้าแรกและทำการเข้าสู่ระบบ จากนั้นกดที่ปุ่ม LOGIN



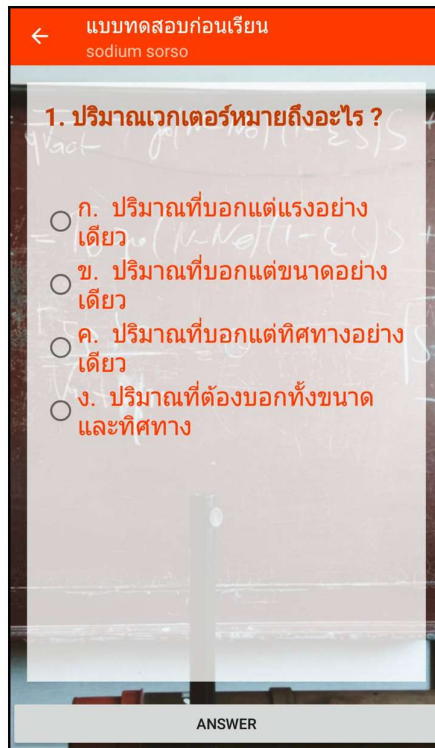
9. หน้าหลักของแอปพลิเคชันสำหรับบทเรียน บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เรื่องเวกเตอร์และสนามไฟฟ้า



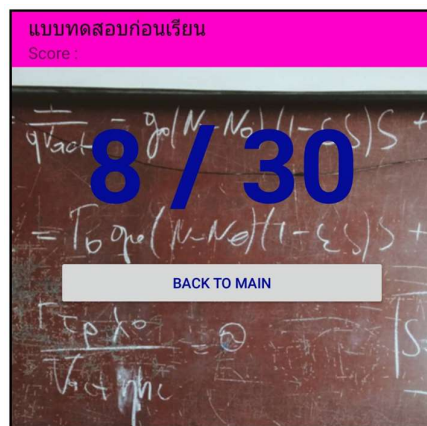
รายละเอียดของหน้าหลักมีดังนี้

หมายเลข 1 คือ ส่วนหัวของแอปพลิเคชันแสดงชื่อสมาชิก

หมายเลข 2 คือ ปุ่มแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อเข้าสู่หน้าต่างการทำแบบทดสอบก่อนเรียนความรู้ก่อนการเรียนการสอน จะปรากฏหน้าต่างดังภาพด้านล่าง เลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดแล้วกดปุ่ม ANSWER



ทำการเลือกตอบจนครบ 30 ข้อ แล้วจะปรากฏคะแนนรวมข้อที่เลือกตอบถูกต้อง ดังภาพบันทึกผลสอบและกดที่ปุ่ม Back to main เพื่อดำเนินการในขั้นตอนต่อไป



หมายเลข 3 คือ หัวข้อบทเรียนที่ต้องการอ่าน  
ตัวอย่างบทเรียนเรื่องวิเคราะห์เวกเตอร์



### สเกลาร์และเวกเตอร์ Scalars and Vectors

**Scalars** หมายถึง ปริมาณที่มีแต่เพียงขนาด เช่น ระยะทาง เวลา อุณหภูมิ มวลสาร ความหนาแน่น ความกดดัน ปริมาตร

### พีชคณิตเวกเตอร์ (Vector Algebra)

**การบวกเวกเตอร์ (Vector Addition)**  $+$

### แบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน

- ข้อใดคือปริมาณสเกลาร์  
ก. เวลา    ข. ความเร็ว    ค. การกระจัด    ง. แรง
- ข้อใดคือปริมาณเวกเตอร์  
ก. มวล    ข. ระยะทาง    ค. ความเร็ว    ง. พลังงาน
- จุด K (0,-4,6) และ จุด L (-1,-4,-3) จงหา  
(ก) เวกเตอร์ตำแหน่งของ K  
(ข) เวกเตอร์หนึ่งหน่วย K + L  
(ค) ระยะการกระจัดระหว่าง K กับ L  
(ง) เวกเตอร์ขนาดเท่ากับ 10 มีขนานกับ KL

ตัวอย่างบทเรียนเรื่องระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์

### บทที่ 2 ระบบพิกัดและการแปลงเวกเตอร์

### ระบบพิกัดทรงกลม (Cylindrical Coordinate)

ระบบพิกัดทรงกลมมีการกำหนดตำแหน่งในมิติด้วยพิกัด 3 พิกัด ได้แก่ พิกัด  $r$  = ค่าคงที่วัดจากจุดกำเนิดของแกน  $x, y$  และ  $z$  พิกัดที่สองคือ  $\theta$   $(A_r, A_\theta, A_z)$  หรือ  $A_r a_r + A_\theta a_\theta + A_z a_z$

### ตัวอย่างโจทย์

จงแปลงเวกเตอร์ในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน  $(1, \sqrt{3}, 5)$  ไปเป็นเวกเตอร์ในระบบพิกัดทรงกระบอก

**วิธีทำ**

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{1^2 + (\sqrt{3})^2} = 2$$

$$\phi = \cos^{-1} \frac{y}{x} = \tan^{-1} \frac{\sqrt{3}}{1} = \frac{\pi}{3}$$

$$z = 5$$

พิกัดคาร์ทีเซียน  $(1, \sqrt{3}, 5) =$  พิกัดทรงกระบอก  $(2, \frac{\pi}{3}, 5)$

### แบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน

- จุด D อยู่ที่ตำแหน่ง  $(5, 60^\circ, 60^\circ)$  จงหาเวกเตอร์บอกตำแหน่งของจุด D  
ก.  $5A_x$     ข.  $5A_\rho + 60A_\theta + 60A_z$   
ค.  $5A_r$     ง.  $5A_r + 60A_\theta + 60A_\theta$
- จงแปลงพิกัดฉาก  $(\sqrt{2}, -\sqrt{2}, 10)$  ให้เป็นพิกัดทรงกระบอก  
ก.  $2\frac{\pi}{3}, 10$     ข.  $2\sqrt{2}, -\frac{\pi}{3}, 10$   
ค.  $2\sqrt{2}, -\frac{\pi}{4}, 10$     ง.  $4, \frac{\pi}{4}, 10$
- จงแปลงพิกัดฉาก  $(-1, 1, \sqrt{2})$  เป็นพิกัดทรงกลม  
ก.  $(2, 40^\circ, 45^\circ)$     ข.  $(2, 45^\circ, 45^\circ)$   
ค.  $(2, -40^\circ, 45^\circ)$     ง.  $(2, -45^\circ, 45^\circ)$

## ตัวอย่างบทเรียนเรื่องสนามไฟฟ้า



### สนามไฟฟ้า (Electric Field)

2 สนามไฟฟ้าของประจุไฟฟ้าแบบแผ่น

สนามไฟฟ้าที่กระทำต่อประจุ ที่วางในสนามไฟฟ้าใด ๆ หรือหาจากความต่างศักย์ระหว่างแผ่นสนามไฟฟ้าที่ขนานกัน จะมีทิศของสนามจะวิ่งจากแผ่นที่มีประจุบวกเข้าสู่แผ่นที่มีประจุลบอย่างสม่ำเสมอ

### ประจุไฟฟ้า (Electric charge)

ประจุไฟฟ้าที่เกิดกับวัตถุ 2 ชนิดคือ ประจุไฟฟ้าที่เหมือนกับประจุของโปรตอน เรียกว่า ประจุบวก และประจุไฟฟ้าที่เหมือนกับประจุของอิเล็กตรอน เรียกว่า ประจุลบ โดยแรงระหว่างประจุมี 2 ชนิดคือ แรงดูด และ แรงแผลก

### แบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน

5. ในสนามไฟฟ้ามีอนุภาคหนึ่งประจุ  $-1 \times 10^{-9} \text{ C}$  ซึ่งมีแรงมากเท่าใดเนื่องจากสนามดังกล่าวเท่ากับ  $5 \times 10^6 \text{ C}$  มีทิศพุ่งเข้าสู่โลก จงหาขนาดและทิศทางของแรงไฟฟ้าที่กระทำบนอนุภาคโปรตอนที่สนามไฟฟ้านี้

ก.  $2 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
ข.  $4 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
ค.  $6 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก  
ง.  $8 \times 10^{-16} \text{ N}$  ทิศพุ่งออกจากโลก

6. เมื่อประจุ B เป็นประจุ + เทรจะระนั้นประจุ A แทนค่าประจุใด

ก. +                      ข. -  
ค. x                      ง. +

หมายเลขที่ 4 คือ ปุ่ม VDO เฉลยแบบฝึกหัดตามบทเรียนต่าง ๆ เป็น VDO การเฉลยแบบฝึกหัดพร้อมวิธีทำอย่างละเอียดสามารถกดรับชมได้ตามความต้องการ

### เฉลยแบบฝึกทบทวนบทเรียน

- ปริมาณแอมแปร์หมายถึงอะไร
  - ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว
  - ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
  - ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว
  - ปริมาณที่สื่อบอกทั้งขนาดและทิศทาง
- ปริมาณแอมแปร์หมายถึงอะไร
  - ปริมาณที่บอกแต่แรงอย่างเดียว
  - ปริมาณที่บอกแต่ขนาดอย่างเดียว
  - ปริมาณที่บอกแต่ทิศทางอย่างเดียว
  - ปริมาณที่สื่อบอกทั้งขนาดและทิศทาง

**PLAY**

**PAUSE**

**เฉลยแบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน**

1. ตัวแปรในข้อใดแทนระยะทางบนระนาบ  $x-y$  ในระบบพิกัดทรงกระบอกถูกต้อง  
ก.  $x$                       ข.  $\theta$                       ค.  $\phi$                       ง.  $\rho$
2. ตัวแปร  $\theta$  คืออะไรในระบบพิกัดทรงกระบอก  
ก. ปริมาตรระยะทางบนระนาบ  $x-y$   
ข. เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทางของ  $\rho$   
ค. มุมที่รัศมี  $\rho$  ทำกับแกน  $z$   
ง. ปริมาตรผิวที่ระยะทาง  $\rho$  ทำกับแกน  $x$  บนระนาบ  $x-y$
3. จุด  $C$  อยู่ตำแหน่ง  $(3, 30^\circ, 3)$  จงคำนวณหาระยะห่างของจุด  $C$  กับจุดกำเนิด  
ก. 3                      ข. 3.62                      ค. 4.26                      ง. 4.62

**PLAY**

**PAUSE**

**เฉลยแบบฝึกหัดทบทวนบทเรียน**

1. ข้อใดคือความหมายของกฎของมัวร์  
ก. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง  
ข. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันกับกับประจุทั้งสอง และแปรผันตรงกับระยะห่างยกกำลังสอง  
ค. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง  
ง. แรงกระทำระหว่างวัตถุที่มีประจุไฟฟ้าแปรผันกับกับประจุทั้งสอง และแปรผกผันกับระยะห่างยกกำลังสอง

**PLAY**

**PAUSE**

หมายเลข 5 คือ ปุ่มแบบทดสอบหลังเรียน หลังจากศึกษาบทเรียนจนเข้าใจอย่างถ่องแท้เรียบร้อยแล้ว จึงดำเนินการทดสอบหลังเรียน จำนวน 30 ข้อ

**แบบทดสอบหลังเรียน**

Score :

26 / 30

**BACK TO MAIN**

หมายเลข 6 คือ ปุ่ม QUIT เพื่อออกจากแอปพลิเคชัน

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว นันซีวา มณีฤทธิ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	3 สิงหาคม 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 16/1 หมู่ 13 ตำบลท่าไข่ อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24000
ประวัติการศึกษา	ปี 2543 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนอนุบาล วัดปิตุลาธิราชรังสฤษฎ์ ปี 2550 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนดัดดรุณี ปี 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี จากสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม ปี 2561 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท จากสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร