

การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์หนึ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546

DEVELOPMENT OF E-LEARNING INSTRUCTION ON RF
TRANSMITTER AND ANTENNA FOR THE 2006 CERTIFICATE
CURRICULUM OF VOCATIONAL EDUCATION

ปาริฉัตร หอมนาม
PARICHAT HOUNAM

วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย
สภามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

กรุงเทพฯ

สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อหนังสือและเนื้อหานี้

พ.ศ. 2549

ISBN 974-18-2102-4

การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546

DEVELOPMENT OF E – LEARNING INSTRUCTION ON RF
TRANSMITTER AND ANTENNA FOR THE 2003 CERTIFICATE
CURRICULUM OF VOCATIONAL EDUCATION

ปาริฉัตร หอมนาม
PARICHAT HOMNAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2549

ISBN 974-15-2132-4

**DEVELOPMENT OF E – LEARNING INSTRUCTION ON RF
TRANSMITTER AND ANTENNA FOR THE 2003 CERTIFICATE
CURRICULUM OF VOCATIONAL EDUCATION**

PARICHAT HOMNAM

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFLLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
PROGRAM IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2006

ISBN 974-15-2132-4

COPYRIGHT 2006

SCHOOL GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุ
และสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ
พุทธศักราช 2546

ชื่อนักศึกษา

ปาริฉัตร หอมนาม

รหัสประจำตัว

45063305

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

พ.ศ.

2549

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่สร้างขึ้น สามารถใช้เป็นการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรีที่กำลังเรียนวิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ จำนวน 7 หน่วย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.88

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพ 84.40/84.03 ซึ่งสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และสามารถใช้ในการสอน ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

Thesis Title	Development of E–Learning instruction on RF Transmitter and Antenna For the 2003 Certificate Curriculum of Vocational Education
Student	Mrs. Parichat Homnam
Student ID	45063305
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communications Engineering
Year	2006
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Surasit Ratre
Thesis Co-Advisor	Dr.Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and determine the effectiveness of E-learning instruction on RF transmitter and antenna course for the 2003 Vocational certificate in the Vocational Education Commission. The hypothesis of the study was that the E-Learning instruction on RF transmitter and antenna could be effectively used as teaching material and meet efficiency criteria of 80/80.

The sample of this study was 30 students of Electronics department who were studying RF transmitter and antenna course of Vocational Certificate at Chanthaburi Technical College

The research tools consisted of seven E-Learning instruction, and achievement test with difficulty value between 0.43-0.80, discrimination value between 0.20-0.80 and the reliability value at 0.88.

The result of the research was found that the efficiency of E-Learning instruction on the RF Transmitter and antenna was at 84.40/84.03, which was higher than the criteria 80/80. The E-Learning instruction on the RF Transmitter and antenna could be effectively used as a teaching materials in the vocational class.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมั่นสายญาติ อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ และช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้ คือ รศ.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด ดร.พรพรรณราย เทียมทัน อาจารย์อุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ อาจารย์รัฐพล จินะวงศ์ อาจารย์วิชา เวทริงสิการ อาจารย์สมพร ผลประพฤติ อาจารย์ชิงชัย วรรณรักษ์ อาจารย์บรรจง มะลาไสย ที่ได้กรุณาสละเวลาในการประเมินคุณภาพของบทเรียน ตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพสูง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อขาว และคุณแม่อุย หอมนาม ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่งที่ได้ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา และตลอดจนคุณพันธุศักดิ์ หอมนาม และน้องเมธัส หอมนาม ครอบครัวของผู้วิจัย ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือและกำลังใจอย่างดีที่สุดเสมอมา

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวถึงไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบใจนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างที่ได้ให้ความร่วมมือ เสียสละเวลา และกำลังความคิดในการร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

ปาริฉัตร หอมนาม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 หลักสูตรวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ.....	6
2.2 การวิเคราะห์เนื้อหา.....	7
2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอีเลิร์นนิ่ง.....	24
2.4 การออกแบบเว็บไซต์และเว็บเพื่อการเรียนการสอน.....	36
2.5 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ.....	39
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	46
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	46
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	46
3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย.....	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล.....	64
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	70
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	70
5.2 อภิปรายผล.....	73
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	76
บรรณานุกรม.....	78
ภาคผนวก.....	82
ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....	83
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา.....	88
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	102
- แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	103
- แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา.....	107
- แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนด้านการผลิตสื่อ.....	109
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน.....	111
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	113

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ง ข้อมูล และผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	133
- วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ.....	134
- จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์.....	142
- ข้อมูลและผลการประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหา ของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	146
- ข้อมูลและผลการประเมินแบบประเมินด้านการผลิตสื่อ ของผู้ทรงคุณวุฒิ.....	147
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรม (IOC).....	148
- หาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (P).....	154
- หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r).....	158
- หาค่าความแปรปรวน (S^2).....	162
- หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ (KR-20).....	164
- หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ($E_1:E_2$).....	169
- ข้อมูลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียน และแบบทดสอบ.....	171
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้และตัวอย่างบทเรียน.....	172
ประวัติผู้เขียน.....	182

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียน แสดงคะแนนแบบฝึกหัด ท้ายบทเรียน และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน	67
4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ	69
ข-1 การแบ่งหน่วยการเรียนรู้วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ	90
ข-2 รายละเอียดการแบ่งหน่วยการเรียนรู้และบทเรียน	91
ข-3 วิเคราะห์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	95
ข-4 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่อง กับหลักสูตร 98	
ง-1 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 1	134
ง-2 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 2	135
ง-3 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 3	136
ง-4 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 4	137
ง-5 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 5	138
ง-6 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 6	139
ง-7 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบหน่วยที่ 7	140
ง-8 จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุประสงค์	142
ง-9 รายละเอียดผลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน วิเคราะห์ตามรายการประเมิน	146
ง-10 แสดงผลสรุปคุณภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตาม ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน	146
ง-11 รายละเอียดผลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านสื่อการสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 คน วิเคราะห์ตามรายการประเมิน	147
ง-12 แสดงผลสรุปคุณภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตาม ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน	147
ง-13 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของ ผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับข้อสอบของด้านเนื้อหา จำนวน 5 คน	148
ง-14 แสดงค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N) จำนวน 30 คน	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง-15 แสดงค่าอำนาจจำแนก \otimes ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N) จำนวน 30 คน.....	158
ง-16 แสดงค่าความแปรปรวน (S^2) ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ(N) จำนวน 30 คน.....	162
ง-17 แสดงค่าความเชื่อมั่น KR-20 ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N) จำนวน 30 คน.....	164
ง-18 แสดงค่าความยากง่ายค่าอำนาจจำแนก และ ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัด แต่ละหน่วย.....	168
ง-19 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน.....	169
ง-20 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนของกลุ่มทดลองจำนวน 6 คน.....	171

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 โครงสร้างการใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	51
3.2 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์	57
3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนการสอนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ รหัส 2104-2210 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ นักเรียนจะต้องใช้เวลาในการเรียนรู้ทั้งทฤษฎีและปฏิบัติรวมกันทั้งหมด 4 คาบ / สัปดาห์ โดยแบ่งเป็น เรียนทฤษฎี 1 คาบ และปฏิบัติ 3 คาบ ตลอดภาคการศึกษาเรียนทั้งหมด 20 สัปดาห์ ซึ่งก็หมายความว่า จะได้เรียนทฤษฎีเพียงแค่ว่า 20 คาบ ปฏิบัติ 60 คาบ ระยะเวลาดังกล่าวไม่เพียงพอกับการที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ทั้งหมด ตามเวลาที่กำหนด เพราะตามหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2540 วิชาเครื่องส่งวิทยุ และวิชาสายส่งสายอากาศ จะแบ่งเป็น 2 วิชา แต่ในหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ได้จัดให้วิชาเครื่องส่งวิทยุและวิชาสายส่งสายอากาศมารวมกันเป็นวิชาเดียว คือวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่นักเรียนต้องใช้ เวลาในการทำความเข้าใจมาก ถ้าใช้การสอนแบบปกติเพียงอย่างเดียวไม่สามารถที่จะทำให้นักเรียน เรียนรู้ทั้งสองวิชาภายใต้เวลาที่กำหนดได้

ด้วยเหตุที่วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศนั้นเป็นวิชาพื้นฐานวิชาหนึ่งที่ยากแก่การทำความเข้าใจ และยังหากเรียนภายในเวลาที่จำกัดด้วยแล้วทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ได้ครบตามเนื้อหาที่กำหนด ผู้วิจัย จึงศึกษาวิธีการที่จะทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ทำความเข้าใจเพิ่มเติมได้ด้วยตนเอง โดยไม่จำกัดเวลา และสถานที่ วิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถค้นหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง คือ การใช้บทเรียนช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่เรียกว่า อีเลิร์นนิ่ง (e-Learning)

จากความสำคัญของการเรียนการสอนประเภทบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจึงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงต้องการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ในเรื่องของความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ และผู้วิจัยยังต้องการที่จะ นำความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอน ในการเรียนการสอนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

แนวคิดในการปฏิรูปการศึกษาในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่การเรียนรู้ไม่จำกัดอยู่เฉพาะในห้องเรียนและครู การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมจะลดน้อยลง ความสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนจะเปลี่ยนแปลงไป เกิดการเรียนรู้แบบใหม่ (พัลลภ พิริยะสุวรรณ. 2543 : 39)

การพัฒนากระบวนการเรียนรู้จะมีกระบวนการสอนที่เป็นการถ่ายทอดความรู้จากครูแต่ฝ่ายเดียว แต่เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลายและเกิดได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ ในสังคมยุคปัจจุบัน มีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาความรู้ตลอดเวลา ซึ่งเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบท

บาทสำคัญต่อการพัฒนาทางการศึกษาอย่างมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ และการสื่อสาร โทรคมนาคมที่ทันสมัยนำมาใช้ในการพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอน และจัดให้มีสื่อและอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษา

เทคโนโลยีการสื่อสารใหม่ๆ ช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้และเป็นเส้นทางเข้าถึงวัสดุการศึกษา ผ่านเครือข่าย คุณประโยชน์ของเทคโนโลยีการสื่อสารใหม่ๆ ได้แก่

1. ช่วยให้การตีพิมพ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และการผลิตสิ่งพิมพ์เป็นไปได้โดยง่าย
2. ช่วยเชื่อมโยงนักศึกษาและผู้สอนเข้าด้วยกัน ทำให้การช่วยเหลือเป็นไปได้โดยสะดวก
3. เพิ่มพูนทักษะให้กับผู้คนผ่านกระบวนการเรียนรู้ โดยช่วยขยายกรอบเวลาในการเรียนรู้
4. ช่วยสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับความต้องการที่ก้าวไกลยิ่งไปกว่าความต้องการของกลุ่มผู้เรียน
5. ช่วยให้ผู้ที่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ในช่วงแรกสามารถหวนสู่กระบวนการเรียนรู้ตาม

คำพังไ้โดยไม่ต้องตะจิตตะขวงใจ หรือหวั่นกลัวสิ่งใด (พิศวาส ปทุมตรีงษ์, 2543 : 220)

การศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษา ถือได้ว่าเป็นการพัฒนา นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาใหม่ๆ สำหรับการเรียนการสอนที่น่าสนใจอย่างยิ่ง และเพื่อให้สอดคล้องกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษาใหม่ๆ การจัดการศึกษาในยุคของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วยความพร้อมในด้านของระบบ และนโยบายที่สนับสนุนให้มีการจัดการศึกษาผ่านทาง online ของวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ให้เป็นการเรียนการสอนที่มีคุณภาพและเอื้อประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียนและผู้สอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546

1.3 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นที่การเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามแนวคิดของ Alessi and Trollip (อ้างใน ถนอมพร เถาหจรัสแสง. 2541 : 29-39) มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน และขั้นตอนที่ 8 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนของ ออร์พันซ์ ประสิทธิ์รัตน์ (2530 : 80-84) มาใช้ในการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : ขั้นตอนการเตรียม (preparation)

ขั้นตอนที่ 2 : ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (instruction design)

ขั้นตอนที่ 3 : ขั้นตอนการเขียนผังงาน (flowchart lesson)

ขั้นตอนที่ 4 : ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (create storyboard)

ขั้นตอนที่ 5 : ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม (program lesson)

ขั้นตอนที่ 6 : ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (produce supporting materials)

ขั้นตอนที่ 7 : ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (evaluate and revise)

ขั้นตอนที่ 8 : ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของบทเรียน (efficiency of the lesson)

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี จำนวนทั้งหมด 30 คน โดยการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

1.5.3 ขอบเขตที่กำหนดในการพัฒนาบทเรียน

ในการพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มีขอบเขตในการพัฒนาบทเรียน ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้เรียนโดยใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศเป็นผู้ที่มีความรู้ในการใช้คอมพิวเตอร์ และได้รับการอบรมการใช้งานอินเทอร์เน็ตมาก่อนการเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ถือว่าทุกคนมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต

1.6.1 ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคอมพิวเตอร์แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเรียน

1.6.2 ผู้เรียนที่ใช้เวลาเรียนแตกต่างกัน ไม่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง บทเรียนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด หรือการวัดผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำเนื้อหาและลำดับวิธีการสอนที่บันทึกเก็บไว้มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียน

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ผลการเรียนรู้วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 จากเนื้อหาในบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทแต่ละบทเรียน ระหว่างเรียนบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ของนักเรียน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ครบทุกบทเรียน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบหลังจากที่เรียนเนื้อหาวิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ จากบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หมายถึง ระบบของการเชื่อมโยงข่ายงานของคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ที่ครอบคลุมไปทั่วโลกโดยอาศัยสายนำสัญญาณภายใต้กฎเกณฑ์มาตรฐานเดียวกัน และสามารถทำให้คนจำนวนมากสื่อสารข้อมูลทั้งในรูปตัวอักษร ข้อความ ภาษาและเสียง ได้อย่างสะดวกรวดเร็วด้วยคอมพิวเตอร์ต่างระบบและต่างชนิดกันได้

5. นักเรียน หมายถึง นักเรียนแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

6. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้ออกแบบทดสอบ โดยมีการประเมินคุณภาพของแบบทดสอบแล้ว

7. แบบประเมิน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ โดยแบบประเมินมี 2 ชนิด คือ แบบประเมินเนื้อหาและแบบประเมิน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

8. คุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง บทเรียนที่ได้ออกแบบโดยมีการประเมินคุณภาพของ บทเรียนโดยผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลงานที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 2 ผู้วิจัยได้แบ่งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็นหัวข้อดังนี้

- 2.1 หลักสูตรวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ
- 2.2 การวิเคราะห์เนื้อหา
- 2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอีเลิร์นนิ่ง
- 2.4 การออกแบบเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน
- 2.5 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เป็นวิชาบังคับในภาคเรียนที่ 1 สำหรับนักเรียน ชั้นปีที่ 2 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 ใช้เวลาในการเรียน 80 คาบเรียน ตลอด 20 สัปดาห์ โดยแบ่งเป็นเรียน 4 คาบ/สัปดาห์ ใช้เวลาเรียน 20 สัปดาห์ จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ AM, FM
2. เพื่อให้มีความเข้าใจกฎระเบียบข้อบังคับสากลในการรับ-ส่งวิทยุกระจายเสียง
3. เพื่อให้มีทักษะในการสร้างและทดสอบการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ AM, FM
4. เพื่อให้มีทักษะในการสร้างและทดสอบหาลักษณะสมบัติของระบบสายส่ง-สายอากาศ
5. เพื่อให้มีจินตัย รู้จักศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมและประยุกต์ใช้งาน มีความรับผิดชอบต่อสังคม

2.1.2 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับย่านความถี่ คุณลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คุณลักษณะสมบัติของ R L C ในเครื่องส่งวิทยุ วงจรกรองความถี่วิทยุแบบ R-C R-L L-C R-L-C วงจร tune และหน่วยวัด Impedance dB Attenuation ratio Response Curve Band width gain (Q) เครื่องส่งวิทยุ วงจร Oscillator วงจรขยายความถี่สูง วงจรขยายกำลังความถี่สูง วงจรทวีคูณความถี่วิทยุ วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุแบบ AM-FM โครงสร้างและคุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศ การส่ง

วิทยุโดยผ่านสายส่ง สายคู่ขนาน สายโคแอกเชียล ท่อนำคลื่น การวัดและทดสอบการทำงาน ของวงจรเครื่องส่งวิทยุด้วยเครื่อง Dip Meter Wattmeter SWR meter Impedance meter dB meter Field strength meter กฎระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานส่งวิทยุและระบบสายอากาศ

2.1.3 การแบ่งหน่วยการสอน

ตารางที่ 2.1 ชื่อ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เรียน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 80 คาบ

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1.	ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	2	-	2
2.	วงจรเรโซแนนซ์และวงจรรองความถี่	4	6	10
3.	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM	4	8	12
4.	เครื่องส่งวิทยุระบบ FM	4	8	12
5.	สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น	4	4	8
6.	สายอากาศและอัตราขยาย	4	4	8
7.	เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ ทดสอบ	4 2	16 6	20 8
รวม		28	52	80
รวมทั้งหมด		80		

ผู้วิจัยได้นำเนื้อหา ทั้งรายวิชา เฉพาะส่วนที่เป็นทฤษฎี มาจัดทำเป็นบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

2.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

2.2.1 วิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นหน่วยย่อย

ศึกษาเนื้อหาตลอดทั้งเรื่อง เพื่อวางแผนการนำมาสร้างเป็นบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ซึ่งถ้านำมาสร้างจะได้ บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่มีความยาวของเนื้อหาทั้งหมด 7 หน่วย 26 คาบ คาบละ 60 นาที ส่วนภายในเนื้อหาได้แบ่งออกเป็นหน่วยๆ เพื่อความสะดวกของนักเรียนที่จะได้ศึกษาแต่ละหน่วยการเรียน ดังนี้

หน่วยที่ 1 ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

1.1 คลื่นวิทยุ (Radio Wave)

1.2 การแบ่งย่านความถี่วิทยุ (Spectrum Frequency Wave)

1.3 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หน่วยที่ 2 วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่

2.1 วงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Circuit)

2.2 วงจรจูนและวงจรถ้าเนิดสัญญาณความถี่ (Tune and Oscillator Circuit)

2.3 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)

หน่วยที่ 3 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Radio Transmitter System)

3.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ AM

3.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Transmitter Circuit)

3.3 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier Circuit)

หน่วยที่ 4 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Radio Transmitter System)

4.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ FM

4.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Transmitter Circuit)

4.3 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์

4.4 การแพร่กระจายของกระแสและแรงดันไฟฟ้าในลวดตัวนำ

หน่วยที่ 5 สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น

5.1 สายส่งสัญญาณ

5.2 โครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ

5.3 ข้อมูลทั่วไปของสายโคแอกเชียล

5.4 ท่อนำคลื่น

หน่วยที่ 6 สายอากาศและอัตรายาย

6.1 หลักการของสายอากาศ

6.2 การแพร่กระจายคลื่นออกจากสายอากาศ

6.3 ลักษณะกระแสและแรงดันบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

6.4 ลักษณะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

6.5 ความยาวคลื่นในสายอากาศ

6.6 ขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

6.7 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นหรือเอิร์ทซ์

6.8 ความยาวของสายอากาศกับความถี่

6.9 สายอากาศเวอร์ติคัล กราวด์ เพลน หรือมาโคนี

6.10 สายอากาศไอโซทรอปิก

หน่วยที่ 7 เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

- 7.1 วัตถุประสงค์ในการวัด
- 7.2 SWR มิเตอร์
- 7.3 ดัมมี่ โหลด
- 7.4 ดิพ มิเตอร์
- 7.5 เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- 7.6 อิมพีแดนซ์ บริดจ์
- 7.7 นอยส์ บริดจ์
- 7.8 กฎระเบียบกับเครื่องวิทยุคมนาคม
- 7.9 พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498

1.3 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไป

หลังจากที่จบหน่วยการเรียนรู้ทั้ง 7 หน่วยเรียนแล้ว นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาต่อไปนี้ได้

- หน่วยที่ 1 เข้าใจเรื่องเกี่ยวกับย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 เข้าใจวงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่
- หน่วยที่ 3 เข้าใจวงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ AM
- หน่วยที่ 4 เข้าใจวงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ FM
- หน่วยที่ 5 เข้าใจการใช้สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น
- หน่วยที่ 6 เข้าใจการใช้สายอากาศและอัตรการขยาย
- หน่วยที่ 7 เข้าใจการใช้เครื่องมือวัดทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากที่จบบทเรียนทั้ง 7 หน่วยเรียนแล้ว นักเรียนจะมีความสามารถทำสิ่งต่างๆ ได้ดังนี้

- หน่วยที่ 1 เรื่องย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - 1.1 บอกความหมายของคลื่นวิทยุได้
 - 1.2 บอกประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้
 - 1.3 คำนวณหาความยาวคลื่นได้
 - 1.4 คำนวณหาความถี่ของคลื่นวิทยุได้
 - 1.5 บอกย่านความถี่ของคลื่นวิทยุได้
 - 1.6 อธิบายคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
- หน่วยที่ 2 เรื่องวงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่
 - 2.1 อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรมได้
 - 2.2 อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนานได้

- 2.3 คำนวณหาค่าความถี่เรโซแนนซ์ได้
- 2.4 อธิบายหลักการของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ได้
- 2.5 บอกชนิดของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ได้
- 2.6 อธิบายหลักการของวงจรกรองความถี่ได้
- 2.7 ออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านได้
- 2.8 ออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านได้
- 2.9 ออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่านได้
- 2.10 ออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่านไม่ได้

หน่วยที่ 3 เรื่องเครื่องส่งวิทยุระบบ AM

- 3.1 อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็มได้
- 3.2 อธิบายหลักการวงจรภาคออสซิลเลเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็มได้
- 3.3 อธิบายหลักการการทำงานของวงจรทวีคูณความถี่ได้
- 3.4 คำนวณหาค่าความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็มได้
- 3.5 อธิบายหลักการการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ เอเอ็มได้
- 3.6 อธิบายหลักการการทำงานของวงจรขยายความถี่สูงได้
- 3.7 อธิบายหลักการการทำงานของวงจรขยายกำลังได้

หน่วยที่ 4 เรื่องเครื่องส่งวิทยุระบบ FM

- 4.1 อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็มได้
- 4.2 อธิบายหลักการทำงานของวงจรกำเนิดความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็มได้
- 4.3 อธิบายหลักการทำงานของวงจรทวีคูณความถี่วิทยุได้
- 4.4 อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ เอฟเอ็มได้
- 4.5 อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ได้
- 4.6 อธิบายหลักการกำเนิดสัญญาณ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ได้
- 4.7 อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอมัลติ-เพล็กซ์ได้
- 4.8 บอกข้อดีและข้อเสียของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม-เอฟเอ็มได้

หน่วยที่ 5 เรื่องสายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น

- 5.1 อธิบายของสายส่งสัญญาณได้
- 5.2 บอกหน้าที่ของสายส่งสัญญาณได้
- 5.3 อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณชนิดต่าง ๆ ได้
- 5.4 เลือกสายโคแอกเซียลไปใช้งานได้ถูกต้อง
- 5.5 อธิบายโครงสร้างของท่อนำคลื่นได้

- 5.6 อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่น โหมดต่างๆ ได้
- 5.7 อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นได้
- 5.8 คำนวณค่าความถี่และความยาวคลื่นของฟิโนท่อนนำคลื่นได้
- 5.9 อธิบายโหมดสูงในท่อนำคลื่นแบบต่างๆ ได้
- 5.10 อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของแมตริง ชนิดต่างๆ ได้

หน่วยที่ 6 เรื่องสายอากาศและอัตรายาย

- 6.1 อธิบายความหมายของสายอากาศได้
- 6.2 อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นออกจากสายอากาศได้
- 6.3 อธิบายความยาวคลื่นในสายอากาศได้
- 6.4 อธิบายลักษณะขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้
- 6.5 อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไดโพลได้
- 6.6 อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศเวอร์ติคอล กราวด์ เพลนได้
- 6.7 อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไอโซทรอปิกได้
- 6.8 อธิบายคุณสมบัติตัวชี้้นำและตัวสะท้อนของสายอากาศได้
- 6.9 อธิบายคุณสมบัติของสายอากาศแบบ หลายๆ ตัวนำได้

หน่วยที่ 7 เรื่อง: เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

- 7.1 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ SWR มิเตอร์ได้
- 7.2 นำ SWR มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.3 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของดัมมี โหลด
- 7.4 นำดัมมี โหลดไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.5 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของดิพมิเตอร์ได้
- 7.6 นำดิพมิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.7 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของอิมพีแดนซ์
- 7.8 นำเอาเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.9 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ได้ถูกต้อง
- 7.10 นำอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.11 อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ นอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ได้
- 7.12 นำ นอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง
- 7.13 นำเครื่องวิทยุคมนาคมไปใช้ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคมได้อย่างถูกต้อง

2.2.1 การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ

สิ่งสำคัญในการสื่อสารคือตัวคลื่นวิทยุหรือคลื่นพาหะทำหน้าที่พาข้อมูลข่าวสารให้แพร่ไปในอากาศในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดคลื่นพาหะและการแพร่กระจายคลื่นพาหะในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศส่ง (Transmitting Antenna) หากต้องการรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวมาฟังหรือใช้ข้อมูลข่าวสาร ต้องมีอุปกรณ์ช่วยทำหน้าที่รับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอุปกรณ์แปลงคลื่นให้กลับมาเป็นข้อมูลข่าวสารที่ต้องการ อุปกรณ์ในส่วนนี้ได้แก่สายอากาศรับ (Receiving Antenna)

ข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งไปจากเครื่องส่งวิทยุจะมีอยู่ 2 ลักษณะคือข้อมูลข่าวสารที่เป็นรหัส (Code) และข้อมูลข่าวสารที่เป็นสัญญาณ (Signal) ทั้ง 2 รูปแบบที่ถูกส่งออกไปมีลักษณะคลื่นแตกต่างกันเป็น แบบคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Wave) หรือคลื่น CW และคลื่นผสม (Modulated Wave)

2.2.1.1 แบบคลื่นต่อเนื่อง คือการส่งคลื่นพาหะหรือคลื่นวิทยุออกไปอย่างเดียว โดยควบคุมระยะเวลาในการส่งคลื่น บางช่วงใช้เวลาในการส่งสั้น บางช่วงใช้เวลาส่งยาว บางช่วงงดการส่งคลื่น นิยมใช้ในระบบวิทยุโทรเลข (Radio Telegraph) คลื่นที่ส่งออกไปอยู่ในรูปรหัส เช่น รหัสมอร์ส (Morse Code) มีการส่งรหัสเป็นจุด และขีด โดยการตัดต่อการส่งคลื่นพาหะออกเป็นช่วงๆ พาหะช่วงสั้นเรียกจุด พาหะช่วงยาวเรียกขีด ปัจจุบันถูกใช้งานระบบวิทยุสมัครเล่น

2.2.1.2 แบบคลื่นผสม คือการส่งคลื่นพาหะหรือคลื่นวิทยุออกไปโดยมีข้อมูลข่าวสารถูกผสมไปด้วย การผสมข้อมูลข่าวสารเข้ากับคลื่นพาหะผสมกันทางความสูง (AM) อาจผสมกันทางความถี่ (FM) หรืออาจผสมกันทางเฟส (PM) นิยมใช้งานในระบบวิทยุกระจายเสียงระบบ AM ระบบ FM และระบบวิทยุโทรศัพท์ (Radio Telephone)

หลักการส่งคลื่นวิทยุแบบคลื่นผสม เป็นส่วนประกอบเบื้องต้นของเครื่องส่งแบบคลื่นผสม ประกอบไปด้วยไมโครโฟน (Microphone) หรือไมค์รับคลื่นเสียงเข้ามาเปลี่ยนเป็นสัญญาณเสียงภาคกำเนิดความถี่ให้กำเนิดความถี่พาหะ สัญญาณทั้ง 2 ถูกส่งต่อไปเข้าภาคผสมคลื่น ได้คลื่นผสมออกมาเป็นแบบ AM, FM หรือ PM อย่างใดอย่างหนึ่ง ส่งต่อไปภาคขยายกำลัง (Power Amplifier) ขยายคลื่นพาหะที่ผสมแล้วให้แรงมากขึ้นก่อนส่งไปสายอากาศส่งเพื่อเปลี่ยนคลื่นให้เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2.2 เครื่องส่งวิทยุ AM (AM Transmitter)

คือ เครื่องส่งวิทยุที่ส่งคลื่นออกไปเป็นแบบคลื่นผสมโดยใช้วิธีการผสมคลื่นเสียงกับคลื่นพาหะเป็นแบบผสมทางความสูง (AM) เพอร์เซ็นต์การผสมคลื่นสามารถใช้ได้หลายขนาดตามความเหมาะสม 15%, 30%, 50%, 75%, หรือ ไม่เกิน 100%

บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุ AM แบบเบื้องต้นการทำงานแต่ละภาคอธิบายได้ดังนี้

ภาคกำเนิดความถี่วิทยุ (RF Oscillator) ทำหน้าที่ให้กำเนิดความถี่วิทยุค่าสูงขึ้นมาค่าหนึ่ง ซึ่งหากความถี่สูงไม่พอ จะถูกส่งผ่านไปเข้าวงจรทวีคูณความถี่ (Frequency Multiplier) ให้ความถี่สูงมากขึ้นจนอยู่ในย่านที่ต้องการ ก่อนส่งต่อไปเข้าภาคบัฟเฟอร์

ภาคบัฟเฟอร์ (Buffer) ทำหน้าที่ขยายความถี่วิทยุให้มีขนาดความแรงมากขึ้น และยังทำหน้าที่ป้องกันการรบกวนกันระหว่างภาคกำเนิดความถี่วิทยุกับภาคขยายกำลังความถี่วิทยุ เมื่อถูกขยายให้แรงขึ้นแล้วจึงส่งต่อไปภาคขยายกำลัง

ภาคขยายกำลังหรือภาคขยายกำลังภาคสุดท้าย (Final Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นความถี่ที่ผสมแล้วให้มีกำลังแรงขึ้น ก่อนที่จะส่งไปสายอากาศ

ภาคขยายเสียง (AF Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่กำเนิดมาจากไมโครโฟนให้มีระดับความแรงมากขึ้นก่อนส่งไปต่อภาคผสมคลื่นแบบ AM

ภาคผสมคลื่นแบบ AM ทำหน้าที่ผสมสัญญาณเสียงเข้ากับคลื่นพาหะแบบ AM การผสมคลื่นในภาคนี้มีการผสมคลื่นใน 2 ลักษณะคือผสมคลื่นระดับต่ำ เป็นการผสมคลื่นระดับต่ำกว่าภาคขยายกำลังภาคสุดท้ายเช่นผสมที่ภาคบัฟเฟอร์ เพื่อไม่ให้สัญญาณที่ผสมแล้วผิดเพี้ยนมากนัก และผสมคลื่นระดับสูง เป็นการผสมคลื่นที่ภาคขยายกำลังสุดท้าย เพื่อให้ได้กำลังส่งออกอากาศสูงสุด และสามารถจัดให้มีภาคทวีคูณความถี่ได้ตามต้องการ

เครื่องส่งวิทยุ AM บางแบบอาจมีส่วนประกอบของวงจรในภาคต่างๆ แตกต่างไปบ้างเพื่อต้องการให้ได้ระดับความถี่คลื่นพาหะที่ต้องการ และต้องการให้มีกำลังไฟฟ้าในการส่งออกอากาศมากขึ้น เช่น เพิ่มภาคทวีคูณความถี่ และภาคขับกำลัง (Driver) เป็นต้น

2.2.3 เครื่องส่งวิทยุ SSB (SSB Transmitter)

ส่งคลื่นแบบผสมออกอากาศไปใช้ วิธีการผสมคลื่นเสียงกับคลื่นพาหะเป็นแบบผสมทางความสูง ชนิดแถบข้างด้านเดียวไม่มีพาหะ (SSBSC) ครั้งแรกจะมีการผสมคลื่นครั้งหนึ่งก่อน ใช้คลื่นพาหะความถี่ต่ำประมาณ 100 kHz ผสมคลื่นระหว่างคลื่นเสียงกับคลื่นพาหะเป็นการผสมคลื่นแบบสมดุล (Balance Modulator) การใช้ความถี่พาหะต่ำในช่วงนี้เพราะมีความเหมาะสมกับการใช้งานวงจรกรองความถี่ผ่านมากกว่าความถี่พาหะสูงๆ ทำการกำหนดแถบความถี่ข้างผ่านเพียงข้างใดข้างหนึ่ง เป็นแถบด้านต่ำ (LSB) หรือแถบด้านสูง (USB) และจะนำผสมคลื่นกับความถี่พาหะค่าใหม่อีกครั้งในย่านความถี่พาหะที่ต้องการก่อนส่งแพร่ออกอากาศไป

บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุ SSB การทำงานของ SSB แต่ละภาคอธิบายได้ดังนี้

ภาคกำเนิดความถี่พาหะย่านต่ำ (Lower Frequency Carrier Oscillator) เลือกความถี่ที่จะใช้จากตัวคริสตอลมี 2 ตัวคือ ที่ความถี่ USB หรือที่ความถี่ LSB สมมติเลือกที่คริสตอล USB ให้กำเนิดความถี่ขึ้นมา f_c ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบสมดุล

ภาคผสมคลื่นแบบสมดุล รับความถี่เข้ามา 2 ค่าคือความถี่พาหะ f_c และความถี่เสียง นำมาทำการผสมคลื่นแบบสมดุล ชนิดกดความถี่พาหะ f_c ไว้ให้ไม่มีเหลือเพียงความถี่ด้านข้าง 2 ด้านข้างสูง (USB) และด้านข้างต่ำ (LSB) ส่งต่อไปเข้าภาคกรองความถี่

ภาคกรองความถี่ มี 2 ชุดคือชุดกรองความถี่ด้านข้างสูง (Upper – Sideband Filter) หรือกรองความถี่ด้าน USB และชุดกรองความถี่ด้านข้างต่ำ (Lower – Sideband Filter) หรือกรองความถี่ด้าน LSB ในที่นี้เลือกใช้กรองความถี่ด้าน USB ความถี่ที่ถูกส่งออกมาเป็นความถี่ผสมเฉพาะแถบความถี่ด้านสูง (USB) ส่งต่อไปภาครวมคลื่นแบบสมดุล

ภาคกำเนิดความถี่พาหะย่านสูงด้วยคริสตอล (Crystal Carrier Oscillator) ให้กำเนิดความถี่พาหะในย่านใช้งานขึ้นมา สมมติให้กำเนิดความถี่ขึ้นมา f_{c2} ส่งต่อความถี่ให้ภาครวมคลื่นแบบสมดุล

ภาครวมคลื่นแบบสมดุล (Balanced Mixer) รับความถี่เข้ามา 2 ค่าคือ ความถี่แถบด้านสูง (USB) มาจากภาคกรองความถี่ด้าน USB และความถี่ค่า f_{c2} จากภาคกำเนิดความถี่พาหะย่านสูงด้วย คริสตอล นำมารวมคลื่นแบบสมดุล ชนิดกดความถี่พาหะ f_{c2} ไว้ไม่ให้มี เหลือเพียงความถี่ด้านข้าง 2 ด้านคือด้านสูง (USB_U) และด้านข้างต่ำ (USB_L) ส่งต่อไปภาคขยายกำลังและกรองความถี่

ภาคขยายกำลังและกรองความถี่ (Power Amplifier and Filters) ทำการกรองความถี่ที่เข้ามาคือ USB_U และ USB_L ให้เหลือความถี่ผ่านเพียงความถี่ด้านข้างสูง (USB_U) ผ่านไปได้ พร้อมกับทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ส่งต่อไปยังสายอากาศส่งได้คลื่น SSB แพร่กระจายออกไป

2.2.4 เครื่องส่งวิทยุ FM (FM Transmitter)

คือ เครื่องส่งวิทยุที่ส่งคลื่นแบบผสมออกไป ใช้วิธีการผสมเครื่องเสียงกับคลื่นพาหะเป็นแบบผสมทางความถี่ (FM)

บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุ FM การทำงานของเครื่องส่งวิทยุ FM แต่ละภาคอธิบายได้ดังนี้

ภาคปริเอมฟาสิส (Preemphasis) รับสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนมาทำการยกระดับความแรงของสัญญาณเสียงความถี่สูงหรือเสียงแหลมให้มีความแรงเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ คุณสมบัติของสัญญาณเสียงความถี่ยิ่งสูงขึ้น ระดับความแรงของเสียงจะยิ่งลดลง มีผลให้สัญญาณรบกวนแทรกเข้ามาแทนที่ ทำให้คุณภาพของการผสมคลื่นแบบ FM ต่ำลง การยกระดับสัญญาณเสียงความถี่สูงช่วยทำให้คุณภาพในการผสมคลื่นแบบ FM จะดีขึ้น ส่งต่อสัญญาณเสียงไปภาคขยายเสียง

ภาคขยายเสียง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้แรงมากขึ้น ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบ FM

ภาคกำเนิดความถี่วิทยุ ให้กำเนิดความถี่วิทยุสูงขึ้นมาค่าหนึ่งทำหน้าที่เป็นคลื่นพาหะ ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบ FM

ภาคผสมคลื่นแบบ FM รับความถี่เข้ามา 2 ค่าคือความถี่คลื่นพาหะ และความถี่เสียง มาผสมคลื่นแบบความถี่พาหะเปลี่ยนแปลงไปตามความแรงของความถี่เสียง ความถี่เสียงช่วยบวกลบผสม

ความถี่พาหะสูงขึ้น สัญญาณเสียงช่วงลบผสมความถี่พาหะลดลง ได้เป็นคลื่น FM ออกมา ส่งต่อไปภาคทวีคูณความถี่

ภาคทวีคูณความถี่ รับคลื่น FM เข้ามาเพื่อเพิ่มความถี่คลื่นพาหะให้สูงขึ้นจนถึงย่านความถี่ที่ใช้ งาน ส่งต่อไปภาคขยายกำลัง

ภาคขยายกำลัง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงคลื่น FM ให้มีกำลังแรงขึ้น ก่อนส่งต่อไปให้สายอากาศแพร่กระจายคลื่นออกไป

2.2.5 เครื่องส่งวิทยุ PM (PM Transmitter)

คือ เครื่องส่งวิทยุที่ส่งคลื่นแบบผสมออกอากาศไป ใช้วิธีการผสมคลื่นพาหะเป็นแบบผสมทางเฟส (PM) ซึ่งจากที่ทราบแล้วว่าคลื่น PM ก็คือคลื่น FM โดยอ้อม ความมุ่งหมายของการผสมคลื่นทางเฟสคือต้องการตัดแปลงให้ระบบ FM สามารถใช้ภาคกำเนิดความถี่ได้โดยใช้คริสตอลควบคุมการกำเนิดความถี่ได้

บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่งวิทยุ PM การทำงานของเครื่องส่งวิทยุ PM แต่ละภาคอธิบายได้ดังนี้

ภาคปริแอมฟายซิส ทำหน้าที่ยกระดับความแรงของสัญญาณเสียงช่วงความถี่สูงให้แรงมากขึ้นกว่าปกติ เพื่อให้สัญญาณรบกวน (Signal to Noise Ratio) หรือ S / N Ratio มีระดับเท่ากันตลอดย่านความถี่เสียง ก่อนส่งไปต่อภาคขยายเสียง

ภาคขยายเสียง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงให้มีความแรงมากขึ้น ส่งต่อไปภาคอินทิเกรเตอร์

ภาคอินทิเกรเตอร์ (Integrator) ทำหน้าที่เลื่อนเฟส (Phase Shift) สัญญาณเสียงไปจากปกติอีก 90 องศา ก่อนส่งสัญญาณเสียง ไปภาคผสมคลื่นแบบ PM

ภาคกำเนิดความถี่วิทยุแบบคริสตอล ทำหน้าที่กำเนิดความถี่คลื่นพาหะขึ้นมามีความถี่คงที่ค่าหนึ่ง ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบ PM

ภาคผสมคลื่นแบบ PM ทำหน้าที่ผสมคลื่นระหว่างสัญญาณเสียงและความถี่พาหะ มาผสมคลื่นแบบความถี่พาหะเปลี่ยนแปลงค่าไปตามการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงเปลี่ยนจากเฟสลบเป็นเฟสบวกความถี่คลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น สัญญาณเสียงเปลี่ยนจากเฟสบวกเป็นเฟสลบ ความถี่คลื่นพาหะเปลี่ยนแปลงต่ำลง ได้ความถี่ที่ผสมคลื่นแบบ PM เรียบร้อยออกมาเป็นคลื่นแบบ FM ส่งต่อสัญญาณ ไปเข้าภาคทวีคูณความถี่

ภาคทวีคูณความถี่ ทำหน้าที่เพิ่มความถี่พาหะของคลื่น PM ให้สูงขึ้นจนถึงย่านความถี่ที่ใช้ งาน ส่งต่อไปภาคขยายกำลัง

ภาคขยายกำลัง ทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่น PM ให้มีกำลังแรงขึ้นก่อนส่งต่อให้สายอากาศแพร่กระจายคลื่นออกไป

2.2.6 เครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ (FM Stereo Multiplex Transmitter)

FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ (FM.MPX) สร้างขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ที่ต้องการให้สัญญาณเสียงที่รับจากเครื่องรับวิทยุ FM มีทิศทางเสียงที่ได้ยินมาจากหลายตำแหน่ง เหมือนกับตำแหน่งเกิดเสียงจากต้นกำเนิดจริง ระบบที่ใช้ในเครื่องส่งวิทยุ FM.MPX เรียกว่าระบบ สัญญาณเสียงนำทาง (Pilot Tone Signal) เป็นระบบที่เครื่องรับวิทยุ FM ธรรมดา สามารถรับฟังวิทยุ FM.MPX ได้โดยมีคุณภาพเสียงเหมือนเดิมและไม่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องรับวิทยุ FM ที่มี อยู่เดิมใช้ความถี่คลื่นพาหะของระบบ FM ตามเดิม

ความแตกต่างของเครื่องส่งวิทยุ FM และเครื่องส่งวิทยุ FM.MPX อยู่ที่การส่งสัญญาณเสียงเข้ามาที่ภาคผสมคลื่นแบบ FM ในเครื่องส่งวิทยุ FM ธรรมดาสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงด้านซ้าย (Left) หรือ L และด้านขวา (Right) หรือ R ถูกส่งมารวมที่ไมโครโฟนเพียงตัวเดียว เป็นสัญญาณเสียงชุดเดียวเรียกเครื่องส่งวิทยุ FM แบบธรรมดาว่า เครื่องส่งวิทยุ FM แบบโมโน (Mono)

ส่วนในเครื่องส่งวิทยุ FM.MPX สัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงด้านซ้าย (L) ถูกส่งไปที่ไมโครโฟนด้านซ้าย (Mic L) แหล่งกำเนิดเสียงด้านขวา (R) ถูกส่งไปที่ไมโครโฟนด้านขวา (Mic R) สัญญาณเสียงด้านซ้าย (L) และด้านขวา (R) ถูกส่งเข้าเครื่องส่งวิทยุ FM.MPX แยกกัน โดยมีชุดเข้ารหัสสเตอริโอ (Stereo Encoder) ทำหน้าที่เข้ารหัสสัญญาณเสียงด้านซ้าย (L) และด้านขวา (R) ไว้ก่อนส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบ FM เรียกเครื่องส่งวิทยุ FM.MPX นี้ว่าเครื่องส่งวิทยุ FM แบบ สเตอริโอ (Stereo)

หลักการส่งกระจายเสียงวิทยุ FM แบบโมโนและแบบสเตอริโอ ที่แตกต่างกันของเครื่องส่งวิทยุ FM ทั้ง 2 แบบอยู่ตรงภาคเข้ารหัสสเตอริโอ และการระบบสัญญาณเสียงเข้ามา ส่วนของภาคเข้ารหัสสเตอริโอ ทำหน้าที่นำสัญญาณเสียงด้านซ้าย (L) และสัญญาณเสียงด้านขวา (R) มารวมกันแบบใส่รหัสที่สามารถนำไปแยกเสียงด้านซ้าย (L) และเสียงด้านขวา (R) ได้ที่เครื่องรับวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ให้ได้เสียงเป็นด้านซ้าย (L) และด้านขวา (R)

แสดงส่วนรายละเอียดของภาคเข้ารหัสสเตอริโอของเครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ ภายในภาคเข้ารหัสสเตอริโอประกอบด้วยภาคส่วนย่อยต่าง ๆ มีชื่อและการทำงานดังนี้

ภาครวมสัญญาณ L + R (L + R Adder) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงด้านขวา (R) กับด้านซ้าย (L) มารวมกัน ได้สัญญาณเสียงออกมาเป็นสัญญาณเสียง L + R สัญญาณเสียง L + R นี้เป็นสัญญาณโมโน ที่เครื่องรับวิทยุ FM ธรรมดาสามารถรับฟังเสียงได้ สัญญาณเสียง L + R นี้มีความถี่เสียงอยู่ในช่วง 0 – 15 kHz จะถูกส่งต่อไปภาครวมสัญญาณทั้งหมด

ภาคกลับเฟส 180° (180° Phase Inverter) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงด้านขวา (R) เข้ามาทำการกลับเฟสสัญญาณเสียงด้านขวา (R) ไป 180° จากสัญญาณเสียงปกติ เช่นจากรูปรับสัญญาณเสียง

ด้านขวา (R) มีค่า + R เข้ามา เมื่อผ่านภาคกลับเฟส 180° สัญญาณเสียงด้านขวา (R) กลายเป็น $-R$ ส่งต่อไปภาครวมสัญญาณ $L - R$

ภาครวมสัญญาณ $L - R$ ($L - R$ Adder) ทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงด้านขวา (R) เข้ามาทำการกลับเฟสเป็น $-R$ เข้ามา และรับสัญญาณเสียงด้านซ้าย (L) เข้ามารวมกัน ได้สัญญาณออกมาเป็นสัญญาณเสียง $L - R$ สัญญาณเสียง $L - R$ นี้มีความถี่เสียงอยู่ในช่วง $0 - 15$ kHz เช่นเดียวกับสัญญาณเสียง $L + R$ ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบสมมูล

ภาคกำเนิดความถี่ 19 kHz ทำหน้าที่กำเนิดความถี่คงที่ 19 kHz ขึ้นมาด้วยตัวคริสตอลมีทั้งความถี่และความแรงคงที่ตลอดเวลา ความถี่ 19 kHz นี้ถูกเรียกว่าสัญญาณนำทาง (Pilot Signal) เป็นความถี่ที่สำคัญต่อเครื่องรับวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เพื่อช่วยให้เครื่องรับวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์สามารถแยกเสียงทางด้านรับเป็นแบบสเตอริโอได้ สัญญาณถูกส่งออก 2 ทางคือส่งเข้าภาคทวีคูณ 2 เท่า 38 kHz

ภาคทวีคูณ 2 เท่า 38 kHz (38 kHz Frequency Double) ทำหน้าที่เพิ่มความถี่ขึ้น 2 เท่าจากที่รับเข้ามาคือรับเข้ามา 19 kHz เมื่อผ่านภาคทวีคูณ 2 เท่า 38 kHz ได้ความถี่ออกมาเป็น 38 kHz เรียกความถี่ 38 kHz นี้ว่าคลื่นพาหะย่อย (Subcarrier) ส่งต่อไปภาคผสมคลื่นแบบสมมูล

ภาคผสมคลื่นแบบสมมูล ทำหน้าที่ผสมสัญญาณความถี่ 38 kHz เข้ากับสัญญาณเสียง $L - R$ ในลักษณะการผสมคลื่นแบบ AM มีเปอร์เซ็นต์การผสมคลื่น 100% ชนิดแถบข้าง 2 ด้านไม่มีพาหะ (DSBSC) ประกอบไปด้วยแถบด้านสูง (USB) คือ $+(L - R)$ และแถบด้านต่ำ (LSB) คือ $-(L - R)$ เรียกรวมสัญญาณที่ได้ออกมาเป็น 38 kHz ไซด์แบนด์ $L - R$ ส่งต่อไปภาครวมสัญญาณทั้งหมด

ภาครวมสัญญาณทั้งหมด (Adder) ทำหน้าที่รวมสัญญาณทั้ง 3 สัญญาณที่รับเข้ามาคือสัญญาณเสียง $L + R$ สัญญาณความถี่ 19 kHz และสัญญาณ 38 kHz ไซด์แบนด์ $L - R$ รวมเป็นสัญญาณเดียวเรียกว่าสัญญาณเบ็ดเสร็จสเตอริโอ (Composite Stereo Signal) สัญญาณเบ็ดเสร็จสเตอริโอนี้จะถูกส่งต่อไปเข้าภาคผสมคลื่นแบบ FM

แถบคลื่นความถี่สัญญาณเบ็ดเสร็จสเตอริโอ ประกอบด้วยสัญญาณเสียงโมโน $L + R$ มีค่าความถี่อยู่ในช่วง $0 - 15$ kHz สัญญาณนำทาง (ไพลอต) มีค่าความถี่ 19 kHz และสัญญาณ 38 kHz ไซด์แบนด์ $L - R$ มี 2 ค่าคือค่า $-(L - R)$ มีความถี่อยู่ในช่วง $23 - 38$ kHz ค่า $+(L - R)$ มีความถี่อยู่ในช่วง $38 - 35$ kHz

2.2.7 เครื่องส่งวิทยุ FM - SCA

ในการส่งวิทยุกระจายเสียงระบบ FM หรือระบบ FM.MPX บางสถานีอาจมีการส่งสัญญาณข่าวสร้อยอีกลักษณะหนึ่งโดยเฉพาะแฝงไปกับการส่งวิทยุกระจายเสียงในระบบปกติ เรียกว่าสัญญาณ SCA (Subsidiary Communications Authorization) สัญญาณ SCA นี้ไม่ใช้การส่งวิทยุกระจายเสียงเพื่อบริการสาธารณะ แต่เป็นบริการโดยเฉพาะเพื่อคนบางคนบางกลุ่มเท่านั้น และต้องเสียค่าธรรมเนียม

นิยมในการให้บริการ สัญญาณที่ส่งออกไปอาจเป็นข่าวสาร เสียงเพลง ข่าวสารทางการศึกษา รหัส ข้อมูล หรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

การส่งสัญญาณในระบบ FM – SCA นั้น ต้องใช้คลื่นพาหะย่อยตัวใหม่ผสมกับสัญญาณข่าวสารในเครื่องส่งวิทยุ FM แบบธรรมดาใช้คลื่นพาหะย่อย 41 kHz ในเครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอมีมัลติเพล็กซ์ใช้คลื่นพาหะย่อย 67 kHz การผสมสัญญาณข่าวสารเข้ากับคลื่นพาหะย่อยของ SCA เป็นการผสมคลื่นแบบ FM โดยมีความถี่ด้านข้าง (ไซด์แบนด์) เปลี่ยนแปลงไป ± 7 kHz

แถบคลื่นความถี่ของสัญญาณเบ็ดเสร็จสเตอริโอ ที่มีสัญญาณ SCA รวมอยู่ด้วย ซึ่งในส่วนของสัญญาณเบ็ดเสร็จสเตอริโอนั้นจะมีความถี่ของสัญญาณสูงสุดไม่เกิน 53 kHz และในส่วนของสัญญาณ SCA ใช้ความถี่พาหะย่อยที่ 67 kHz เมื่อนำสัญญาณเสียงมาผสมกับความถี่พาหะย่อย 67 kHz ถูกควบคุมให้มีแถบกว้าง (แบนด์วิดท์) ไม่เกิน 14 kHz ทำให้ได้ความถี่ของ SCA ออกมาอยู่ในช่วง 60 – 74 kHz โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์การผสมคลื่นเพียง 10%

บล็อกไดอะแกรมเครื่องส่ง FM สเตอริโอมีมัลติเพล็กซ์ที่ส่งสัญญาณ SCA มาด้วย มีส่วนของภาคการทำงานของ FM – SCA รวม 3 ภาคคือ

ภาคขยายสัญญาณข้อมูลข่าวสาร ทำหน้าที่รับข้อมูลข่าวสารเข้ามาขยายสัญญาณให้แรงขึ้นส่งต่อไปให้ภาคผสมคลื่นแบบ FM – SCA

ภาคกำเนิดความถี่ 67 kHz ทำหน้าที่กำเนิดความถี่พาหะย่อยที่ 67 kHz ขึ้นมา มีทั้งความถี่และความแรงคงที่ตลอดเวลาออกมา ส่งต่อไปให้ภาคผสมคลื่นแบบ FM- SCA

ภาคผสมคลื่นแบบ FM – SCA ทำหน้าที่ของข้อมูลข่าวสารและความถี่พาหะย่อย 67 kHz เข้ามาทำการผสมคลื่นทางความถี่ และจำกัดความถี่ด้านข้าง (ไซด์แบนด์) มีค่า ± 7 kHz ความถี่ของ FM – SCA ที่ส่งออกมามีค่า 60 – 74 kHz ส่งต่อไปภาครวมสัญญาณทั้งหมด

บทสรุป

ข้อมูลข่าวสารที่ถูกส่งออกไปจากเครื่องส่งวิทยุมี 2 ลักษณะคือข้อมูลข่าวสารในรูปรหัสข้อมูล และข้อมูลข่าวสารในรูปสัญญาณ เครื่องส่งวิทยุที่ส่งข้อมูลข่าวสารออกไปมี 2 แบบ คือ แบบส่งคลื่นต่อเนื่องออกไป มักส่งในรูปรหัสต่าง ๆ เช่น รหัสมอร์ส ใช้งานในระบบวิทยุโทรเลข และแบบส่งคลื่นผสมออกไป เป็นหลักการของระบบวิทยุกระจายเสียงหรือระบบวิทยุสื่อสารนำมาใช้งานในระบบวิทยุ AM ระบบวิทยุ FM ระบบวิทยุ PM ระบบวิทยุ FM สเตอริโอมีมัลติเพล็กซ์ ระบบวิทยุ FM – SCA และระบบวิทยุสื่อสารโทรศัพท์เป็นต้น

เครื่องส่งวิทยุ AM เป็นเครื่องส่งวิทยุที่ส่งคลื่นผสมแบบคลื่นเสียงไปควบคุมความสูงของคลื่นพาหะให้เปลี่ยนแปลงความสูงมากขึ้นหรือน้อยลงตามคลื่นเสียงช่วงบวกหรือช่วงลบ คลื่นเสียงช่วงบวกผสมคลื่นพาหะมีความสูงเพิ่มขึ้น คลื่นเสียงช่วงลบผสมคลื่นพาหะมีความสูงลดลง

เครื่องส่งวิทยุ SSB ก็คือเครื่องส่งวิทยุ AM นั่นเอง โดยส่งคลื่นผสมออกอากาศไปเป็นชนิดแถบข้างด้านเดียวไม่มีพาหะ (SSBSC) มีการผสมคลื่น 2 ครั้ง ผสมคลื่นครั้งแรกใช้คลื่นพาหะความถี่ต่ำ

ผสมแบบสมมูล กำหนดความถี่ไปใช้ออกอากาศในแถบความถี่ข้างด้านใดด้านหนึ่ง และนำไปผสมกับคลื่นพาหะกับคลื่นพาหะที่ใช้งานจริงอีกครั้ง ให้เหลือแถบความถี่ข้างด้านเดียวก่อนส่งออกอากาศไป

เครื่องส่งวิทยุ FM เป็นเครื่องส่งวิทยุที่ส่งคลื่นแบบผสมคลื่นเสียงไปควบคุมความถี่ ของคลื่นพาหะให้เปลี่ยนแปลงความถี่มากขึ้นหรือน้อยลงตามคลื่นเสียงช่วงบวกหรือช่วงลบ คลื่นเสียงช่วงบวกผสมคลื่นพาหะมีความถี่สูงขึ้นคลื่นเสียงช่วงลบผสมคลื่นพาหะมีความถี่ต่ำลง

เครื่องส่งวิทยุ PM ก็คือเครื่องส่งวิทยุ FM นั่นเอง เป็น FM โดยอ้อม ความมุ่งหมายของการผสมคลื่นทางเฟสเพื่อต้องการคัดแปลงให้ระบบวิทยุ FM สามารถใช้ภาคกำเนิดความถี่แบบใช้คริสตอลกำเนิดความถี่ได้

เครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เป็นเครื่องส่งวิทยุ FM นั่นเอง แต่เป็นชนิดแยกเสียงเป็นสเตอริโอหรือเป็น 2 ทางได้โดยเพิ่มภาคเข้ารหัสสเตอริโอเข้าไปได้สัญญาณที่ส่งออกอากาศเป็นแบบสเตอริโอมัลติเพล็กซ์

เครื่องส่งวิทยุ FM-SCA เป็นการส่งสัญญาณข้อมูลข่าวสาร แฝงเข้าไปกับเครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอมัลติเพล็กซ์ เพื่อให้บริการเฉพาะคนบางกลุ่มเกี่ยวกับข่าวสาร เสียงเพลง รหัสข้อมูลหรือข้อมูลทางคอมพิวเตอร์

2.2.8 สายอากาศ และอัตราขยายสายอากาศ

ในระบบสื่อสารคลื่นวิทยุ กำลังงานคลื่นวิทยุที่ได้จากเครื่องส่งจะป้อนผ่านสายส่งไปยังสายอากาศ สายอากาศจะแผ่รังสีกำลังงานนี้ออกไปในอากาศ ด้วยความเร็วประมาณเท่ากับความเร็วของคลื่นแสง สายอากาศทางเครื่องรับดูดกำลังงานนี้บางส่วนไว้แล้ว ส่งไปยังเครื่องรับผ่านสายส่ง

2.2.9 หลักการของสายอากาศ

สายอากาศทำหน้าที่แพร่กระจายคลื่นจากเครื่องส่งให้ออกอากาศและรับคลื่นวิทยุเข้าสู่เครื่องรับ สายอากาศประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ

2.2.10 การกระจายคลื่นออกจากสายอากาศ

ลักษณะสายส่งยาว $\lambda/4$ ปลายสายปิด คลื่นไม่สามารถแพร่กระจายออกไปได้

ลักษณะสายส่งยาว $\lambda/4$ ปลายสายเปิด ที่ปลายสายจะมีค่าแรงดันสูงสุด กระแสต่ำสุด ทำให้มีพลังงานบางส่วนแพร่กระจายออกไป แต่คลื่นที่แพร่กระจายออกไปน้อยมาก เนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือ

1. สายส่งไม่แมตช์กับโหลด
2. สายตัวนำสองเส้นอยู่ใกล้กันเกินไป สัญญาณที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นตัวนำจะต่างเฟสกัน

สายส่งที่มีความยาว $\lambda/4$ ปลายสายเปิด จับปลายเส้นลวดตัวนำทั้งสองให้ห่างออกจากกัน ทำให้การแพร่กระจายคลื่นทั้งคู่มีโอกาสหักล้างกันน้อยลง พลังงานที่จ่ายให้โหลดมีค่ามากขึ้นและการแพร่กระจายคลื่นจะเพิ่มขึ้นเต็มที่ เมื่อปลายสายอยู่ในแนวเดียวกัน

ความยาวสายส่งข้างละ $\lambda/4$ รวมทั้งสองข้างจะมีความยาว $\lambda/2$ มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายไปรอบๆ จึงเกิดเป็นสายอากาศไดโพลแบบครึ่งคลื่น (Half wave dipole)

2.2.11 ลักษณะกระแสและแรงดันบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

แรงดันและกระแสบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น ที่ปลายทั้งสองข้างเสมือนวงจรเปิด มีค่าแรงดันสูงสุด กระแสต่ำสุด ที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศมีค่ากระแสสูงสุด แรงดันต่ำสุด ในทางทฤษฎีมีค่าเป็นศูนย์แต่ในทางปฏิบัติมีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 73 โอห์ม จุดกึ่งกลางเรียกว่า จุดฟีด (Feed point) จะมีพลังงานบางส่วนสูญเสียในการแพร่กระจายคลื่นออกไปและไม่สะท้อนกลับ

2.2.12 ลักษณะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

ปลายของสายอากาศจะมีแรงดันสูงสุดทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองจะแพร่กระจายออกสู่อากาศ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นที่จุดกึ่งกลางของสายอากาศ เมื่อคลื่นเดินทางห่างจากสายอากาศเท่าใด พลังงานก็จะอ่อนลง ความสูงของคลื่นจะเป็นค่าแรงดันเหนี่ยวนำบนเส้นลวดตัวนำ ค่าเรียกว่า ความแรงสนาม (Field strength)

ความแรงสนามนี้ขึ้นอยู่กับระยะทางจากเครื่องส่งและกำลังของเครื่องส่ง เช่น เมื่อระยะทางไกลออกไป 2 เท่า ความแรงสนามจะลดลงครึ่งหนึ่ง ในทำนองเดียวกันถ้ากำลังของเครื่องส่งมากขึ้นความแรงสนามก็จะเพิ่มขึ้น ค่ากำลังไฟฟ้าจะแปรผกผันตามกำลังของแรงดัน

2.2.13 ความยาวคลื่นในสายอากาศ

สูตร

$$\lambda = C/f \quad \text{เมตร}$$

คือความยาวคลื่น (เมตร)

C คือความเร็วแสง (300 ล้านเมตรต่อวินาที)

F คือความถี่ที่ใช้งาน (เฮิรตซ์)

ใช้คำนวณในกรณีที่คลื่นเดินทางในอากาศ (Free space) ความยาวทางไฟฟ้าของสายอากาศจะเปลี่ยนตามความถี่ และความยาวคลื่นจะแปรผกผันกันโดยมีความเร็วเป็นตัวกำหนด มีตัวคงที่ 2 อย่างคือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก ซึ่งเป็น $8.85 \mu\text{F}/\text{V}$ และค่าเพอมีอะบิลิตี (Permeability) เป็น 1.256

$\mu\text{F/V}$ จะได้ความเร็วของการเคลื่อนที่ของคลื่นอากาศเป็น $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ทั้งนี้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคลื่นในตัวนำช้ากว่าในอากาศเพราะว่าความต้านทานของโลหะ (Radiation resistance) ในทางปฏิบัติจึงทำให้สั้นกว่าในอากาศประมาณ 6 %

ตัวอย่าง 2.1 จงหาค่าความยาวทางฟิสิกส์ของสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น ใช้งานที่ความถี่ 100 MHz

วิธีทำ	จากสูตร	λ	=	C/f
			=	$(300 \times 10^6)/(100 \times 10^6)$
			=	3 เมตร
	ครึ่งความยาวคลื่นมีค่า $\lambda/2$		=	$3/2$
			=	1.5 เมตร
	ความยาวทางฟิสิกส์		=	1.5×0.94
			=	1.41 เมตร

2.2.14 ขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

การติดต่อสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุมีความจำเป็นที่จะต้องรู้การจัดขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Wave polarization)

การจัดขั้วคลื่น

มี 2 แบบ คือ

1. การจัดขั้วทางแนวนอน (Horizontal polarization)
2. การจัดขั้วทางแนวตั้ง (Vertical polarization)

2.2.15 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นหรือเอิร์ทซ์

จะประกอบด้วยลวดตัวนำยาวข้างละ $\lambda/4$ รวมสองข้างยาว $\lambda/2$ จะมีค่าอิมพีแดนซ์ประมาณ 73Ω ซึ่งจะต่อเข้ากับสายส่งชนิดโคแอกเชียลที่มีอิมพีแดนซ์ 75Ω

สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นแบบห้วงมีอิมพีแดนซ์ประมาณ 300Ω จะต่อเข้ากับสายส่งแบบทวินลิตที่มีอิมพีแดนซ์ 300Ω

สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นที่ใช้ในย่านความถี่สูง 18 MHz ความยาวของลวดตัวนำข้างละ 390 cm

2.2.16 ความยาวของสายอากาศกับความถี่

เมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงไป ความยาวทางไฟฟ้าของสายอากาศก็จะเปลี่ยนไป กระแสที่ไหลบนสายอากาศจะเปลี่ยน รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นก็จะเปลี่ยนไป

เมื่อสายอากาศมีความยาว $\lambda/2$ จะเกิดกระแสครึ่งคลื่นและเมื่อความยาวเป็น λ กระแสจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งคลื่นในทิศทางตรงข้าม และเมื่อความยาวเป็นสามเท่าของ $\lambda/2$ กระแสจะเกิดขึ้นบนสายอากาศ อีกครั้งคลื่น

2.2.17 สายอากาศเวอร์ติคอลล กราวน์ เพลน หรือมาโคนี

เป็นสายอากาศที่มีความยาว $\lambda/4$ วางในแนวตั้งบนระนาบตัวนำซึ่งทำหน้าที่เป็นกราวด์ ผลที่ได้เสมือนใช้สายอากาศแบบไดโพลครึ่งคลื่นวางในแนวตั้ง เพราะระนาบกราวด์เปรียบเสมือนเงาที่ทำให้เกิดสายอากาศอีกชุดหนึ่งยาว $\lambda/4$ วางในแนวตั้งรวมความยาวทั้งสองข้างได้ $\lambda/2$

2.2.18 สายอากาศไอโซทรอปิก

สายอากาศไอโซทรอปิก (Isotropic antenna) คือ สายอากาศอ้างอิงที่ใช้เปรียบเทียบเพื่อคำนวณหาอัตราขยายของสายอากาศในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง โดยทั่วไปนิยมใช้สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นเป็นสายอากาศอ้างอิง

2.2.19 อัตราขยายสายอากาศ

อัตราขยายในระบบรับส่งที่ใช้เปรียบเทียบกำลังงานไฟฟ้าที่จุดต่างกัน 2 จุดในวงจรคือ เบล (Bel) เป็นชื่อที่ได้จาก Alexander Graham Bell ซึ่งเป็นผู้ประดิษฐ์เครื่องโทรศัพท์หน่วย BEL ใช้แสดงความแรงสัมพัทธ์ของสัญญาณโดยคิดจากลอการิทึมฐาน 10 (Common logarithm) ของอัตราส่วนกำลังเอาต์พุตต่อกำลังอินพุต นั่นคือ

$$\text{จำนวน เบล} = \log \text{ ของอัตราส่วนกำลัง}$$

ในทางปฏิบัติ เบล เป็นหน่วยใหญ่เกินไปจึงใช้เดซิเบล (Decibel) เขียนย่อว่า dB จะเท่ากับ 1/10 ของเบล นั่นคือ

$$\text{จำนวน dB} = 10 \log (P_{\text{out}}/P_{\text{in}})$$

จำนวน dB จะเป็นอัตราขยายหรือตัวลดทอนก็ได้

P_{out} และ P_{in} เป็นกำลังไฟฟ้า 2 จำนวนเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 2.1

กำลัง (วัตต์)	กำลัง (dBm)
1 K	60
100	50

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

กำลัง (วัตต์)	กำลัง (dBm)
10	40
1	30
100 m	20
10 m	10
1 m (จุดอ้างอิง)	0
100 μ	-10
10 μ	-20
1 μ	-30
100 n	-40
10 n	-50
1 n	-60

2.2.20 อัตราขยายของสายอากาศ

เป็นตัวเลขที่แสดงอัตราส่วนเปรียบเทียบความแรงสัญญาณที่แพร่คลื่นออกไป หรือรับเข้ามาของสายอากาศต้นหนึ่งกับที่ได้จากสายอากาศอีกต้นหนึ่ง

อัตราส่วนมีหน่วย

dB_i เมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศไอโซทรอปิก (สายอากาศไอโซทรอปิกเป็นสายอากาศที่มีเฉพาะในทางทฤษฎีมีการกระจายคลื่นทุกทิศทางเท่ากันหมด)

dB_d เมื่อเปรียบเทียบกับสายอากาศชนิดไดโพลครึ่งคลื่น

$$dB_i = (\text{ตัวเลข}) dB_d + 2.15$$

ตารางที่ 2.2

ชนิดสายอากาศ	อัตราขยายสูงกว่า		
	ไอโซทรอปิก	กราวด์เพลน	ไดโพลครึ่งคลื่น
ไอโซทรอปิก	0 dB	-0.3 dB	-2.1 dB
กราวด์เพลน	0.3 dB	0 dB	-1.8 dB
ไดโพลแบบครึ่งคลื่น	2.1 dB	1.8 dB	0 dB
5 $\lambda/8$ แนวตั้ง	3.3 dB	3 dB	1.2 dB
4 สเต็ค ไดโพล	6 dB	5.7 dB	3.9 dB
8 สเต็ค ไดโพล	9 dB	8.7 dB	6.9 dB

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ชนิดสายอากาศ	อัตราขยายสูงกว่า		
	ไอโซทรอปิก	กราวด์เพลน	ไดโพลครึ่งคลื่น
2 อีลิเมนต์ ขากิ	7.1 dB	6.8 dB	5 dB
3 อีลิเมนต์ ขากิ	10.1 dB	9.8 dB	8 dB
4 อีลิเมนต์ ขากิ	12.1 dB	11.8 dB	10 dB
5 อีลิเมนต์ ขากิ	14.1 dB	13.8 dB	12 dB
2 อีลิเมนต์ ควอดซ์	9.1 dB	8.8 dB	7 dB
3 อีลิเมนต์ ควอดซ์	12.1 dB	11.1 dB	10 dB
4 อีลิเมนต์ ควอดซ์	14.1 dB	13.8 dB	12 dB

2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอีเลิร์นนิ่ง

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการเรียนรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์ (E – Learning) ที่น่าสนใจและควรทราบ มีหัวข้อดังต่อไปนี้

- 2.3.1 แนะนำ อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.2 บริบทที่เกี่ยวกับ อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.3 ข้อได้เปรียบของ อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.4 ลักษณะสำคัญของ อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.5 องค์ประกอบของ อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.6 กระบวนการในการเรียนการสอน อี-เลิร์นนิ่ง
- 2.3.7 รูปแบบของ อี-เลิร์นนิ่ง

2.3.1 แนะนำ e - Learning

ความหมายของ อี – เลิร์นนิ่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน ได้แก่ ความหมายโดยทั่วไป และความหมายเฉพาะเจาะจง

สำหรับความหมายโดยทั่วไป หมายถึง การเรียนในลักษณะใดก็ได้ ซึ่งใช้การถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ เครือข่ายอินเทอร์เน็ต อินทราเน็ต เอ็กทราเน็ต หรือ ทางสัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณดาวเทียม (Satellite) ก็ได้ ซึ่งเนื้อหาอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted - Instruction) การสอนบนเว็บ (Web-Based Instruction) การเรียนออนไลน์ (On-line Learning) การเรียนทางไกลผ่านดาวเทียม ตลอดจนการเรียนจากวีดีโอทัศน์ตามอัธยาศัย (Video On- Damand) เป็นต้น

สำหรับความหมายเฉพาะเจาะจงนั้น จะหมายถึงถึง การเรียนเนื้อหาหรือสารสนเทศ สำหรับการสอนหรือการอบรม ซึ่งใช้การนำเสนอด้วยตัวอักษร ภาพนิ่ง ผสมผสานกับการใช้ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์และเสียง โดยอาศัยเทคโนโลยีของเว็บ (Web Technology) ในการถ่ายทอดเนื้อหา รวมทั้งการใช้เทคโนโลยีระบบการจัดการคอร์ส (Course Management System) ในการบริหารจัดการงานสอนด้านต่างๆ เช่น จัดให้มีเครื่องมือการสื่อสารต่างๆ เช่น e-mail, Web Board สำหรับตั้งคำถามหรือแลกเปลี่ยนแนวคิดระหว่างผู้เรียนด้วยกัน หรือกับวิทยากร การจัดให้มีแบบทดสอบหลังจากการเรียนจบ เพื่อวัดผลการเรียน รวมทั้งการจัดให้มีระบบบันทึก ติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลการเรียน โดยผู้เรียนที่เรียนจาก อี-เลิร์นนิ่งนี้ ส่วนใหญ่แล้วจะศึกษาเนื้อหาในลักษณะออนไลน์ ซึ่งหมายถึงจากเครื่องที่มีการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (ถนอมพร (ตันติพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2545 : 4-5)

กล่าวโดยรวมแล้ว e-Learning หมายถึงการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ ที่ใช้อินเทอร์เน็ตเป็นสื่อระหว่างผู้เรียนและผู้สอน

2.3.2 บริบทที่เกี่ยวกับ e-Learning

ในการทำความเข้าใจกับ e-Learning นั้น จำเป็นที่จะต้องเข้าใจบริบทที่เกี่ยวข้องกับ e-Learning ใน 3 มิติด้วยกัน ได้แก่ มิติที่เกี่ยวกับการนำเสนอเนื้อหา (Media Presentation) มิติที่เกี่ยวกับการนำไปใช้ในการเรียนการสอนหรือการอบรม (Functionality) และสุดท้ายมิติที่เกี่ยวกับผู้เรียน

2.3.2.1 มิติการนำเสนอเนื้อหา

สำหรับ e-Learning แล้ว การถ่ายทอดเนื้อหาสามารถแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะด้วยกัน กล่าวคือ

1. ระดับเน้นข้อความออนไลน์ (Text Online) หมายถึง เนื้อหาของ e-Learning จะอยู่ในรูปของข้อความเป็นหลัก ซึ่งจะเหมือนกับการสอนบนเว็บ (WBI) ที่เน้นเนื้อหาที่เป็นข้อความ ตัวอักษรเป็นหลัก ซึ่งมีข้อดีก็คือการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตเนื้อหาและการบริหารจัดการรายวิชา
2. ระดับรายวิชาออนไลน์เชิงโต้ตอบและประหยัด (Low Cost Interactive Online Course) หมายถึง เนื้อหาของ e-Learning ในระดับนี้จะอยู่ในรูป ตัวอักษร ภาพ เสียง และวีดิทัศน์ ที่ผลิตขึ้นมาอย่างง่าย ๆ ประกอบการเรียนการสอน e-Learning
3. ระดับรายวิชาออนไลน์คุณภาพสูง (High Quality Online Course) หมายถึง เนื้อหาของ e-Learning ในระดับนี้จะอยู่ในรูปของมัลติมีเดียที่มีลักษณะมีอาชีพ กล่าวคือ การผลิตต้องใช้ทีมงานในการผลิตที่ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา (Content experts) ผู้เชี่ยวชาญออกแบบการสอน (instructional designers) และผู้เชี่ยวชาญการผลิตมัลติมีเดีย (multi-media experts)

ซึ่งหมายรวมถึง โปรแกรมเมอร์ (programmers) นักออกแบบกราฟิก (graphic designers) และ/หรือ ผู้เชี่ยวชาญในการผลิตแอนิเมชัน (animation experts)

2.3.2.2 มิติการนำไปใช้ในการเรียนการสอน/การอบรม

การนำ e-Learning ไปใช้ประกอบการเรียนการสอนสามารถทำได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. สื่อเสริม (Supplementary) หมายถึง การนำ e-Learning ไปใช้ในลักษณะสื่อเสริม ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาเดียวกันนี้ในลักษณะอื่นๆ เช่น จากเอกสารประกอบการสอน จากวีดิทัศน์ (Vedcotape) ฯลฯ การใช้ e-Learning ในลักษณะนี้ผู้สอนเพียงต้องการจัดหาทางเลือกใหม่อีกทางหนึ่งสำหรับผู้เรียนในการเข้าถึงเนื้อหาเพื่อให้ประสบการณ์พิเศษเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนเท่านั้น

2. สื่อเติม (Complementary) หมายถึง การนำ e-Learning ไปใช้ในลักษณะเพิ่มเติม จากวิธีการสอนในลักษณะอื่นๆ เช่น นอกจากการบรรยายในห้องเรียนแล้ว ผู้สอนยังออกแบบเนื้อหาให้ผู้เรียนเข้าไปศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมจาก e-Learning

3. สื่อหลัก (Comprehensive Replacement) หมายถึง การนำ e-Learning ไปใช้ในลักษณะแทนที่การบรรยายในห้องเรียน ผู้เรียนจะต้องศึกษาเนื้อหาทั้งหมดออนไลน์ ในปัจจุบัน e-Learning ส่วนใหญ่ในต่างประเทศจะได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้เป็นสื่อหลักสำหรับแทนครูในการสอนทางไกล ด้วยแนวคิดที่ว่ามัลติมีเดียที่น่าเสนอทาง e-Learning สามารถช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาได้ใกล้เคียงกับการสอนจริงของครูผู้สอนโดยสมบูรณ์ได้

2.3.2.3 มิติเกี่ยวกับผู้เรียน

e-Learning เป็นรูปแบบการเรียนที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองการเรียนใน 2 ลักษณะได้แก่

1. ผู้เรียนปรกติ (Resident Students) หมายถึง ผู้เรียนที่เดินทางมาเรียนในสถานที่และเวลาเดียวกัน ในการประยุกต์ใช้ e-Learning กับผู้เรียนปรกติ จะต้องพิจารณาให้มากในเรื่องของการออกแบบเนื้อหาการสอน ให้มีความน่าสนใจเพียงพอที่จะดึงดูดความสนใจผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนประเภทนี้มีทางเลือกอื่นๆ ในด้านของสื่อการสอนหรือติดต่อสื่อสารกับเพื่อนหรือครู นอกจากนี้ยังพิจารณาให้เหมาะสมในด้านของระดับของการนำไปใช้ เนื่องจากหากใช้ในลักษณะสื่อเสริมเท่านั้น ผู้เรียนก็สามารถที่จะพิจารณาเลือกศึกษาเนื้อหาเดียวกันโดยการใช้สื่ออื่นๆ ได้

2. ผู้เรียนทางไกล (Distant Learners) หมายถึง ผู้เรียนที่สามารถเรียนจากสถานที่ซึ่งต่างกันรวมทั้งในเวลาที่แตกต่างกันได้ด้วย (Anywher, Anytime) ดังนั้นผู้เรียนจะมีอิสระหรือความยืดหยุ่นในด้านของสถานที่และเวลาการเข้าถึงเนื้อหาที่ต้องการศึกษามากกว่าผู้เรียนปรกติ แต่ในขณะเดียวกัน ผู้เรียนทางไกลก็มักจะมีข้อจำกัดในด้านของทางเลือกที่จำกัดของวิธีการเรียนการสอนหรือโอกาสในการติดต่อสื่อสารกับเพื่อนหรือครู ดังนั้นการประยุกต์ใช้ e-Learning กับผู้เรียนทางไกลนั้น การออกแบบการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์ให้น่าสนใจยังมีความสำคัญ เช่นกัน (แต่อาจไม่มากเท่ากับผู้เรียนปรกติ) อย่างไรก็ดี สิ่งที่ผู้ออกแบบต้องการให้ความสำคัญ ได้แก่ ความ

สมบูรณ์ (Self-contained) ของตัวสื่อการเรียนการสอน เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านการติดต่อสื่อสารกับ ผู้สอนวิทยากร ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคหรือเพื่อนร่วมชั้น

2.3.3 ข้อได้เปรียบของ e-Learning

1. ช่วยให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะการถ่ายทอดเนื้อหาผ่านทางมัลติมีเดียสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนจากสื่อข้อความเพียงอย่างเดียว หรือจากการสอนภายในห้องเรียนของผู้สอนซึ่งเน้นบรรยายในลักษณะ Chalk and Talk โดยเมื่อเปรียบเทียบกับ e-Learning ที่ได้รับการออกแบบและผลิตมาอย่างมีระบบจะช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าในเวลาที่ใช้เร็วกว่า

2. ช่วยทำให้ผู้สอนสามารถตรวจสอบผลความก้าวหน้าพฤติกรรมกรเรียนของผู้เรียนได้อย่างละเอียดและตลอดเวลา เนื่องจาก e-Learning มีการจัดหาเครื่องมือ (Course Management Tool) ที่สามารถทำให้ ผู้สอนติดตามการเรียนของผู้เรียนได้

3. ช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของตนเองได้ เนื่องจากการนำเอาเทคโนโลยี Hypermedia มาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีลักษณะของการเชื่อมโยงข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบของข้อความ ภาพนิ่ง เสียง กราฟิก วิดีโอ ภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องกันเข้าไว้ด้วยกันในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ทำให้ Hypermedia สามารถนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบไฮแมงมุมได้ ดังนั้นผู้เรียนจึงสามารถเข้าถึงข้อมูลใดก่อนหรือหลังก็ได้ โดยไม่ต้องเรียงตามลำดับและเกิดความสะดวกรวดเร็วในการเข้าถึงผู้เรียนอีกด้วย

4. ช่วยทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามจังหวะของตน (Self-paced Learning) เนื่องจากการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบของ Hypermedia เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้อัตโนมัติในด้านของลำดับการเรียน

5. ช่วยทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับครูผู้สอน และกับเพื่อน ได้เนื่องจาก e-Learning มีเครื่องมือต่างๆ มากมาย เช่น Chat Room, Web Board, E-mail เป็นต้น ที่เอื้อต่อการโต้ตอบ (Interaction) ที่หลากหลาย นอกจากนี้ e-Learning ที่ออกแบบมาเป็นอย่างดีจะเอื้อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การออกแบบเนื้อหาในลักษณะเกม หรือ การจำลอง เป็นต้น

6. ช่วยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ทักษะใหม่ๆ รวมทั้งเนื้อหาที่มีความทันสมัย และตอบสนองต่อเรื่องราวต่างๆ ในปัจจุบันได้อย่างทันที เพราะการที่เนื้อหาการเรียนรู้อิงรูปแบบของข้อความอิเล็กทรอนิกส์ (E-text) ซึ่งได้แก่ข้อความ ซึ่งได้รับการจัดเก็บ ประมวลผล นำเสนอ และเผยแพร่ทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มีข้อได้เปรียบสื่ออื่นๆ หลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในด้านของความสามารถ ในการปรับปรุงเนื้อหาสารสนเทศให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา การเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการด้วยความสะดวกรวดเร็ว และความคงทนของข้อมูล

7. ทำให้เกิดรูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถจัดการเรียนการสอนให้แก่ผู้เรียนในวงกว้างขึ้น เพราะผู้เรียนใช้การเรียนรู้ลักษณะ e-Learning จะไม่มีข้อจำกัดในด้านการเดินทางมาศึกษาในเวลาใดเวลาหนึ่งและสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง ดังนั้น e-Learning จึงสามารถนำไปใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-Long Learning) และยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถนำ e-Learning ไปใช้เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่ขาดโอกาสทางการศึกษาในระดับอุดมศึกษาได้เป็นอย่างดี

8. ทำให้สามารถลดต้นทุนในการจัดการศึกษานั้นๆ ได้ ในกรณีที่มีการจัดการเรียนการสอนสำหรับผู้เรียนที่มีจำนวนมาก และเปิดกว้างให้สถาบันอื่นๆ หรือบุคคลทั่วไปเข้ามาใช้ e-Learning ได้ ซึ่งจะพบว่าเมื่อต้นทุนการผลิต e-Learning เท่าเดิม แต่ปริมาณผู้เรียนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นหรือขยายกว้างการใช้ออกไปก็เท่ากับเป็นการลดต้นทุนทางการศึกษานั้นเอง

2.3.4 ลักษณะสำคัญของ e-Learning

e-Learning ที่ดีควรจะประกอบไปด้วยลักษณะสำคัญ ดังนี้

1. Anywhere, Anytime หมายถึง ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความสะดวกคือ เรียนที่ไหนก็ได้ เวลาใดก็ได้ เพียงแต่ใช้คอมพิวเตอร์ออนไลน์ก็สามารถเรียนได้

2. Multimedia หมายถึง e-Learning ควรต้องมีการนำเสนอเนื้อหาโดยใช้ประโยชน์จากสื่อประสม เพื่อช่วยในการประมวลผลสารสนเทศของผู้เรียน เพื่อให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้น

3. Non-line หมายถึง e-Learning ควรต้องมีการนำเสนอเนื้อหาในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นตรง กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาตามความต้องการโดย e-Learning จะต้องจัดการเชื่อมโยงที่ยืดหยุ่นแก่ผู้เรียน

4. Interaction หมายถึง e-Learning ควรต้องมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ตอบ (มีปฏิสัมพันธ์) กับเนื้อหาหรือกับผู้อื่นได้ กล่าวคือ

4.1 มีการออกแบบกิจกรรมซึ่งผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับเนื้อหา รวมทั้งมีการจัดเตรียมแบบฝึกหัดและแบบทดสอบให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจด้วยตนเองได้

4.2 มีการจัดหาเครื่องมือในการให้ช่องทางแก่ผู้เรียนในการติดต่อสื่อสารเพื่อการปรึกษา อภิปราย ซักถาม แสดงความคิดเห็นกับผู้สอน วิทยากร ผู้เชี่ยวชาญ หรือเพื่อนๆ

5. Immediate Response หมายถึง e-Learning ควรต้องมีการออกแบบให้มีการทดสอบการวัดผลและการประเมินผล ซึ่งให้ผลป้อนกลับโดยทันทีแก่ผู้เรียนไม่ว่าจะอยู่ในลักษณะของแบบทดสอบก่อนการเรียน (pre-test) หรือแบบทดสอบหลังเรียน (Posttest) ก็ตาม

2.3.5 องค์ประกอบของ e-Learning

ในการออกแบบพัฒนา e-Learning ประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

1. เนื้อหา (content) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับ e-Learning การที่ผู้เรียนจะบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในลักษณะนี้หรือไม่อย่างไร สิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือ เนื้อหาการเรียนซึ่งผู้สอนได้จัดหาให้แก่ผู้เรียนโดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ

1.1 โฮมเพจ หรือเว็บเพจแรกของเว็บไซต์ ซึ่งการออกแบบโฮมเพจให้สวยงามและตามหลักการออกแบบเว็บเพจ ในโฮมเพจยังคงต้องประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่จำเป็น ดังนี้

- คำประกาศ/คำแนะนำการเรียนทาง e-Learning โดยรวม
- ระบบสำหรับใส่ชื่อผู้เรียนและรหัสลับสำหรับการเข้าใช้ระบบ (login)
- รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมที่จำเป็นสำหรับการเรียกดูเนื้อหาอย่างสมบูรณ์
- ชื่อหน่วยงานและวิธีการติดต่อหน่วยงานที่รับผิดชอบ
- วันที่และเวลาที่ทำการปรับปรุงแก้ไขล่าสุด
- เคา์เตอร์เพื่อนับจำนวนผู้เรียนที่เข้ามา

1.2 หน้าแสดงรายชื่อรายวิชา หลังจากที่ผู้เรียนได้มีการเข้าสู่ระบบแล้ว ระบบจะแสดงชื่อรายวิชาทั้งหมดที่ผู้เรียนมีสิทธิ์เข้าเรียนในลักษณะ e-Learning

1.3 เว็บเพจแรกของแต่ละรายวิชา ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

- คำประกาศ/คำแนะนำการเรียนทาง e-Learning เฉพาะรายวิชา
- รายชื่อผู้สอน
- รายชื่อผู้เรียน
- ประมวลรายวิชา (Syllabus)
- ห้องเรียน (Classroom)
- เว็บเพจสนับสนุนการเรียน (Resources)
- ความช่วยเหลือ (Help)
- รายวิชาอื่น ๆ (Other Courses)
- เว็บเพจคำถามคำตอบที่พบบ่อย (FAQs) เพื่อประหยัดเวลาในการตอบคำถามซ้ำๆ รวมทั้งการสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตัวเอง
- ลิงค์ไปยังส่วนของการจัดการการสอนด้านอื่นๆ (Management) ลิงค์ไปยังหน้าแรกของแบบทดสอบ แบบสอบถาม ผลการทดสอบ รวมทั้งสถิติต่างๆ ที่อนุญาตให้ผู้ใช้เข้าไปดูได้ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบริหารจัดการรายวิชา (CMS)
- ลิงค์สำหรับการติดต่อสื่อสารกับผู้อื่น (Discussion)
- การออกจากระบบ (logout)

ระบบบริหารจัดการรายวิชา (Course Management System) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมากเช่นกัน สำหรับ เป็นเสมือนระบบที่รวบรวมเครื่องมือซึ่งออกแบบไว้เพื่อให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการจัดการกับการเรียนการสอนออนไลน์ซึ่งหมายถึงผู้สอน (instructors) ผู้เรียน (Students) และผู้

บริหารระบบเครือข่าย (network administrator) โดยเครื่องมือและระดับของสิทธิในการใช้งานของแต่ละกลุ่มจะมีความแตกต่างกัน

ตามปกติแล้วเครื่องมือที่ระบบบริหารจัดการรายวิชาต้องจัดหาไว้ให้กับผู้ใช้ ได้แก่ พื้นที่และเครื่องมือสำหรับการทำแบบทดสอบ แบบสอบถาม การจัดการกับแฟ้มข้อมูลต่างๆ รวมทั้งเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารต่างๆ เช่น ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ เว็บบอร์ด แชท นอกจากนี้บางระบบอาจมีองค์ประกอบเพิ่มเติมมากกว่านี้เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ เช่น จัดการให้ผู้ใช้สามารถเข้าดูคะแนนการทดสอบ คุณสถิติการใช้งานในระบบ การอนุญาตให้ผู้ใช้สร้างตารางการเรียน ปฏิทินการเรียน ฯลฯ เป็นต้น

3. โหมดการติดต่อสื่อสาร (Modes of Communication) คือการจัดให้ผู้เรียนสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้สอน วิทยากร ผู้เชี่ยวชาญ อื่นๆ รวมทั้งผู้เรียนด้วยกัน ในลักษณะที่หลากหลาย และสะดวกต่อผู้ใช้ กล่าวคือ มีเครื่องมือที่จัดหาไว้ให้ผู้เรียนใช้ได้มากกว่า 1 รูปแบบ รวมทั้งเครื่องมือ นั้นจะต้องมีความสะดวกใช้งาน คือ

- การประชุมทางคอมพิวเตอร์ หมายถึงการประชุมทางคอมพิวเตอร์ทั้งในลักษณะของการติดต่อสื่อสารแบบต่างเวลา (Asynchronous) เช่น เว็บบอร์ด (Web Board) หรือในลักษณะของการติดต่อสื่อสารแบบเวลาเดียว (Synchronous) เช่น การสนทนาออนไลน์ แชท (Chat) หรือ ในบางระบบ อาจจัดให้มีการถ่ายทอดสัญญาณภาพและเสียงสด (Live Broadcast) ผ่านทางเว็บ เป็นต้น

- ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถติดต่อสื่อสารกับผู้สอน หรือผู้เรียนอื่นๆ ในลักษณะรายบุคคล การส่งงานและผลป้อนกลับให้ผู้เรียน ผู้สอนสามารถให้คำแนะนำปรึกษาแก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล ทั้งนี้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนอย่างต่อเนื่อง

4. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ ได้แก่การจัดให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการโต้ตอบกับเนื้อหาในรูปแบบของการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบสอบความรู้ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- การจัดให้มีแบบฝึกหัดสำหรับผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความเข้าใจไว้ด้วยเสมอ ทั้งนี้เพราะ e-Learning เป็นระบบการเรียนการสอนซึ่งเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียนเป็นสำคัญ ดังนั้นผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีแบบฝึกหัดเพื่อการตรวจสอบว่าตนเข้าใจและรอบรู้ในเรื่องที่ศึกษาด้วยตนเองมาแล้วเป็นอย่างดี และพร้อมสำหรับการทดสอบการประเมินผลแล้วหรือไม่

- การจัดให้มีแบบทดสอบผู้เรียน ซึ่งสามารถอยู่ในรูปของแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน หรือหลังเรียน โดยระบบบริหารจัดการรายวิชา ทำให้ผู้สอนสามารถสนับสนุนการออกข้อสอบของผู้สอนได้หลากหลายลักษณะ กล่าวคือ ผู้สอนสามารถออกแบบการประเมินผลในลักษณะของอัตนัย ปรนัย ถูกผิด การจับคู่ การส่งข้อความให้เพื่อนช่วยตรวจ การส่งข้อความให้ครูผู้สอนตรวจ ฯลฯ นอกจากนี้ยังทำให้ผู้สอนมีความสะดวกสบายในการจัดการ การสอบเพราะ

ผู้สอนสามารถที่จะจัดทำข้อสอบ ในลักษณะคลังข้อสอบไว้เพื่อเลือกในการนำกลับมาใช้ หรือ ปรับปรุงแก้ไขใหม่ได้ง่ายดาย นอกจากนี้ในการคำนวณและตัดเกรด ระบบบริหารจัดการรายวิชา ของ e-Learning ยังสามารถให้การประเมินผลผู้เรียนเป็นไปได้อย่างสะดวก เนื่องจากระบบ บริหารจัดการรายวิชาจะช่วยทำให้การคิดคะแนนผู้เรียน การตัดเกรดผู้เรียนเป็นเรื่องง่ายขึ้น เพราะ ระบบจะอนุญาตให้ผู้สอนเลือกได้ว่าต้องการที่จะประเมินผลผู้เรียนในลักษณะใด เช่น อิงกลุ่ม อิง เกณฑ์ หรือ ใช้สถิติในการคิดคำนวณต่างๆ

2.3.6 กระบวนการในการเรียนการสอน อี-เลิร์นนิ่ง

สำหรับการออกแบบบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปกระบวนการในการเรียนการสอน ทางคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับ e-Learning ได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.3.6.1 ขั้นการนำเสนอความรู้ใหม่

ในการสอนเนื้อหาความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน ผู้สอนจะต้องจะนำเสนอเนื้อหาสามารถ กระทำได้มากมายหลายลักษณะด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ในการนำเสนอเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ ผู้ สอนสามารถเลือกใช้การนำเสนอในลักษณะของการให้กฎ (สูตร) พร้อมทั้งตัวอย่าง หรือ การใช้ ข้อความในการอธิบาย หรือ อาจจัดหาภาพเข้าช่วยในการนำเสนอเนื้อหา เป็นต้น นอกจากนี้ใน การสอนทักษะต่างๆ เช่น การใช้กล้องถ่ายภาพ การคูณหรือหารเลขนั้น ผู้สอนอาจใช้วิธีสาธิต พร้อมการบรรยายเพื่อเป็นตัวอย่างให้ผู้เรียนศึกษาและทำตามซึ่งต้องยอมรับว่า การให้ตัวอย่างที่ชัดเจนเป็นวิธีการสำคัญวิธีการหนึ่งในการนำเสนอเนื้อหา นอกจากนี้ผู้เรียนมักต้องการตัวอย่างมาก กว่าหนึ่ง ตัวอย่างในการทำความเข้าใจก่อนที่จะสามารถนำกฎหรือทักษะต่างๆ ไปประยุกต์ใช้

2.3.6.2 ขั้นการให้คำแนะนำ

ในชั้นเรียนการให้คำแนะนำมักจะอยู่ในรูปของผู้สอนถามคำถามแก่ผู้เรียน หากคำถามที่ ถามไปผู้เรียนตอบไม่ถูกต้อง ผู้สอนอาจเลือกที่จะบอกเฉลยคำตอบแก่ผู้เรียน หรือพยายามถามคำ ถามนำเพื่อช่วยให้ผู้เรียนนึกคำตอบที่ถูกต้องให้ออก หากผู้เรียนศึกษาจากตำรา ในตำราก็มักจะมี คำถามหรือกิจกรรมแนะนำซึ่งรวมอยู่ในลักษณะการให้คำแนะนำการเรียน การเรียนด้วยตนเองซึ่ง สามารถจัดหาคำแนะนำการเรียนได้ทันทีเช่นนี้จะได้เปรียบการเรียนในชั้นซึ่งการให้ผลป้อนกลับ ของผู้สอนขึ้นอยู่กับเวลาที่ผู้สอนตรวจงาน

การให้คำแนะนำเป็นขั้นตอนการเรียนการสอนซึ่งสำคัญมาก เพราะว่าไม่มีผู้เรียนคนใด สามารถเรียนรู้ได้ทั้งหมดหลังจากที่ได้ศึกษาเพียงครั้ง ผู้เรียนมักจะตอบผิดพลาดโดยที่ไม่รู้ว่าตัวเอง ตอบผิดพลาด จึงจำเป็นที่จะต้องให้ผู้เรียนรู้ว่าทำผิดและสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ กระบวน การเชิงโต้ตอบ ในลักษณะที่ผู้เรียนพยายามที่จะประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ โดยที่ผู้สอนคอยแก้ไขและ ให้คำแนะนำและผู้เรียนพยายามทำให้ถูกต้องเสียใหม่ เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในการเรียน การสอน

2.3.6.3 ขั้นการฝึกฝนเพื่อให้เกิดความชำนาญและความคงทนในการเรียนรู้

กระบวนการในการเรียนการสอนจะสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนสามารถปฏิบัติสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเนื้อหาตามที่ได้กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ โดยที่ผู้เรียนจะต้องสามารถปฏิบัติสิ่งนั้น อย่างรวดเร็วหรือคล่องแคล่วและมีข้อผิดพลาดน้อย หรือไม่มีเลย การที่ผู้เรียนตอบคำถามได้หรือฝึกทักษะได้เพียงครั้งเดียวไม่ได้หมายความว่า การเรียนรู้ต่างๆ จะเกิดความคงทน การฝึกฝนซ้ำๆ จนเกิดความชำนาญเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้เรียน

ขั้นการฝึกฝนนี้เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็นสำคัญ แม้ว่าผู้สอนจะทำหน้าที่คอยตรวจสอบผู้เรียนและคอยแก้ไขความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น แต่ขั้นตอนนี้จะมุ่งเน้นที่การฝึกฝนของผู้เรียน โดยที่ผู้สอนจะคอยตรวจสอบและให้คำแนะนำต่างๆ เท่านั้น

ความชำนาญและความเร็วเป็นสิ่งที่สัมพันธ์กันแต่ก็แตกต่างกัน ความชำนาญไม่ได้หมายถึงแค่การทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้อย่างรวดเร็ว แต่หมายรวมถึงการทำได้โดยไม่ต้องใช้ความพยายามในการคิด เช่น การพูดภาษาฝรั่งเศสได้อย่างชำนาญจะหมายถึงการใช้คำในภาษาฝรั่งเศสได้อย่างถูกต้องโดย อัตโนมัต การอ่าน การสะกด การคำนวณเลขคณิต การขับรถ ฯลฯ เป็นทักษะที่ต้องเกิดความชำนาญเสียก่อนจึงจะใช้ประโยชน์ได้อย่างสมบูรณ์

2.3.6.4 ขั้นการประเมินผลการเรียนการสอน

คนส่วนใหญ่เมื่อนึกถึงการเรียนการสอนก็จะนึกถึงเพียง 3 ขั้นตอนแรก แต่เราก็ไม่สามารถทราบได้ว่าการที่เรานำเสนอเนื้อหา ให้คำแนะนำ และให้ผู้เรียนฝึกฝนแล้วนั้น จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้นจริงหรือไม่อย่างไร ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินผลการเรียนการสอน ซึ่งปรกติก็คือด้วยการใช้วิธีทดสอบ การทดสอบจะทำให้ทราบถึงระดับการเรียนรู้ของผู้เรียน คุณภาพของการสอน และความจำเป็นในการปรับปรุงการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนส่วนใหญ่มักจะมองเห็นการทดสอบเป็นเสมือนกับวิธีการในการให้เกรดผู้เรียน อย่างไรก็ตามการทดสอบสามารถพิจารณาว่าเป็นวิธีการในการกำหนดทิศทางในการเรียน กล่าวคือ ผู้เรียนควรจะทำอะไรต่อไป การเรียนการสอนอะไรที่ผู้เรียนต้องเรียนรู้ต่อไป ผู้สอนควรที่จะปรับปรุงการสอนอย่างไร ฯลฯ

2.3.7 รูปแบบของ e-Learning

e-Learning สามารถแบ่งออกคร่าวๆ ได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

2.3.7.1 เรียงลำดับนำเสนอ (Presentation Sequence)

เรียงลำดับการนำเสนอ หมายถึง การออกแบบในลักษณะที่ผู้เรียนศึกษาเนื้อหา โดยการอ่าน ฟัง และสังเกต การบรรยาย และ/หรือการสาธิตต่างๆ ตามเวลา และจังหวะการเรียนของตน อี-เลิร์นนิ่งลักษณะนี้จะมีการใช้การนำเสนอเนื้อหาเป็นลำดับ และเหมาะสำหรับการถ่ายทอดเนื้อหาสารสนเทศที่ไม่สลับซับซ้อนมากนัก

อี-เลิร์นนิ่งในรูปแบบของการนำเสนอของการเรียงลำดับการนำเสนอจะใช้สื่อนำเสนอใน 3 ระดับ คือ 1. เน้นตัวอักษรเป็นหลัก 2. เน้นมัลติมีเดียอย่างง่าย ๆ เช่น ภาพและกราฟิก และ 3. เน้นการนำเสนอด้วยมัลติมีเดียเป็นหลัก เช่น เสียง แอนิเมชัน และวีดิทัศน์ในการนำเสนอเนื้อหา ในบางครั้งก็อาจมีการใช้สื่อโต้ตอบ (interactive media) อื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ความจริงเสมือน (Virtual reality) หรือ การจำลอง (simulations)

คำแนะนำสำหรับการออกแบบ

- ให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการนำเสนอ ควรออกแบบให้ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเองได้ โดยสามารถเลือกเข้าถึงเนื้อหาที่ต้องการโดยสะดวก (non-linear) โดยการแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วย (modules) ย่อยๆ และหากใช้แอนิเมชันจะต้องมีการกำหนดจุดหลักๆ (Key points) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะเรียนหรือข้ามไปเรียนยังจุดที่ต้องการได้โดยทันที

- เลือกใช้สื่อที่หลากหลายและเหมาะสม ควรออกแบบโดยผสมผสานสื่อให้เหมาะสมในการอธิบายเนื้อหาการเรียน ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการอธิบายเกี่ยวกับเรื่องการเคลื่อนไหวของวัตถุใดๆ ให้กับผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาแอนิเมชันหรือวีดิทัศน์เป็นสื่อที่เหมาะสม ในขณะที่หากต้องการอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดที่ค่อนข้างเป็นนามธรรมแก่ผู้ที่มีความรู้ในเรื่องนั้นๆ มาบ้างแล้ว การใช้ข้อความที่เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เป็นต้น

- ออกแบบให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น ในขณะที่ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาในลักษณะเรียงลำดับการนำเสนอนี้ ผู้เรียนมักจะนั่งนิ่งๆ (physically passive) แต่ใช้สมองในการคิดวิเคราะห์ จดจำ (mentally active) เนื่องจาก อี-เลิร์นนิ่งในลักษณะเรียงลำดับการนำเสนอไม่ได้ต้องการการโต้ตอบทางกายภาพของผู้เรียนมากนัก ดังนั้นแบบเรียงลำดับการนำเสนอที่ดีควรจะมีการใช้เว็บเชิงโต้ตอบ (interactive web) ซึ่งอาจอยู่ในรูปของการจัดหาแบบฝึกหัด คำถาม หรือกิจกรรมทำแต่ละหน่วยการเรียนรู้ทั้งนี้ เพื่ออนุญาตให้ผู้เรียนประยุกต์สิ่งที่เรียนมาและเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน

- ออกแบบให้อ่านง่าย ออกแบบโดยคำนึงถึงศักยภาพในการอ่านของผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรอนุญาตให้ผู้เรียนสั่งพิมพ์เนื้อหาออกทางกระดาษได้หากเนื้อหาเต็มไปด้วยตัวอักษรจำนวนมาก

- เชื่อมโยงมากกว่าการเขียน หากพบว่าเนื้อหาที่ต้องการนำเสนอได้มีผู้เขียนขึ้นไว้แล้วให้พิจารณาการเชื่อมโยงไปยังเว็บเพจนั้นๆ แทนการเขียนขึ้นเองใหม่ เพราะนอกจากจะทำให้ไม่ต้องเสียเวลาซ้ำซ้อนแล้ว ยังทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงแหล่งความรู้อื่นๆ บ้าง แต่ต้องมั่นใจว่าผู้เขียนอนุญาตให้นำเนื้อหานั้นๆ ไปใช้ในกาการเรียนการสอนได้

2.3.7.2 แบบฝึกหัด (Drill and Practice)

แบบฝึกหัด หมายถึง ให้ผู้เรียนฝึกฝนซ้ำแล้ว ซ้ำอีกเพื่อประยุกต์ใช้ความรู้ใดความรู้หนึ่ง หรือทักษะใดทักษะหนึ่ง โดยความรู้และทักษะนั้นๆ จะเป็นความรู้และทักษะขั้นพื้นฐาน กล่าวคือ

จะเริ่มด้วยการนำเสนอปัญหาหรือคำถามให้ผู้เรียนตอบ หลังจากที่ผู้เรียนตอบคำถามแล้ว ก็จะมีการนำเสนอผลป้อนกลับ ก่อนที่จะมีการนำเสนอคำถามในข้อต่อไป

อี-เลิร์นนิ่ง ประเภทแบบฝึกหัดนี้จะเริ่มจากการนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งรวมถึงการต้อนรับผู้เรียนเข้าสู่เนื้อหาและอธิบายวิธีการที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติ รวมทั้งวัตถุประสงค์ของการเรียน หลังจากนั้นจะมีการนำเสนอคำถาม ผู้เรียนจะคอยตอบคำถามและได้รับผลป้อนกลับ หลังจากได้รับผลป้อนกลับก็จะมีข้อคำถามถูกนำเสนอต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบทุกข้อผู้เรียนก็จะต้องสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนมาและพยายามประยุกต์สิ่งที่ได้ศึกษามากับตัวอย่างอื่นๆ ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากขึ้น

คำแนะนำสำหรับการออกแบบ

- สร้างคลังคำถาม/คำตอบ ถ้าเป็นไปได้ควรออกแบบอี-เลิร์นนิ่ง ให้สามารถสร้างคำถาม/คำตอบ เพื่อการสุ่มคำถามใหม่ๆ ขึ้นมาถามผู้เรียนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนใช้วิธีจำคำถาม และเกี่ยวกับการทำแบบ ฝึกหัด

- จัดให้มีคำถามที่มีระดับความง่าย-ความยาก ควรออกแบบให้ อี-เลิร์นนิ่งมีการเพิ่มระดับความยากขึ้นไปเรื่อยๆ ในขณะที่ผู้เรียนมีความก้าวหน้าในการเรียนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยอาจใช้คำถามที่มีความซับซ้อนขึ้น หรือให้เวลาน้อยลงในการตอบคำถาม เป็นต้น

2.3.7.3 แล็บเสมือนจริง (Virtual Lab)

แล็บเสมือนจริงเป็น อี-เลิร์นนิ่งประเภทหนึ่งซึ่งเป็นการนำเสนอการจำลองบนหน้าจอ (on – screen simulator) ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้แล็บเสมือนจริงในการทดสอบสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ รวมทั้งสังเกตผลที่ได้จากการทดสอบ ตัวอย่างของเนื้อหาที่สามารถออกแบบในลักษณะแล็บเสมือนจริง ได้แก่ การสอนวิธีการใช้กล้อง การมองของสัตว์ประเภทต่างๆ ความยาวของคลื่นแสง กล้องส่องทางไกลขนาดต่างๆ เป็นต้น

รูปแบบการเรียนที่เหมาะสม

ผู้เรียนได้รับมอบหมายงานให้ทำ หลังจากนั้นผู้เรียนจะต้องเรียนรู้วิธีการใช้เครื่องมือทางแล็บ ก่อนที่จะลงมือทำการทดลองต่างๆ ผู้เรียนจะต้องบันทึกผลอย่างละเอียด หลังทำการทดลองเสร็จแล้ว ผู้เรียนสรุปสิ่งที่ได้ทำการทดลองโดยพยายามหาหลักการและความสัมพันธ์ต่างๆ ซึ่งอธิบายถึงผลที่ได้รับจากการทดลองนั้น ผู้สอนประเมินผู้เรียนตามผลงาน

คำแนะนำสำหรับการออกแบบ

- เน้นในสิ่งที่ต้องการสอน ในการออกแบบให้พิจารณาประเด็นที่ต้องการจะให้ผู้เรียนศึกษาเรียนรู้ให้แน่ชัด ตัวอย่างเช่น หากต้องการสอนให้ผู้เรียนใช้เครื่องมือใดๆ ในแล็บจริง การออกแบบต้องทำให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโยงความรู้ไปใช้ได้ในความจริง อย่างไรก็ตามหากวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ได้แก่การสอนแนวคิดซึ่งเกี่ยวข้องกับการ

ทดลอง การออกแบบที่สามารถที่จะลดความเหมือนจริงของเล็บได้เพื่อให้ผู้เรียนหันเหความสนใจไปไว้ที่แนวคิดที่ต้องการจะสอนแทน

- ใช้เล็บเสมือนจริงในหลายๆ กิจกรรม การออกแบบพัฒนา อี-เลิร์นนิ่งในรูปแบบเล็บเสมือนจริงต้องใช้เวลาและความพยายามมาก ดังนั้นพิจารณาใช้ อี-เลิร์นนิ่งนี้ สำหรับหลายๆ กิจกรรม หรือ หลายๆ วิชา

2.3.8.4 เกม (Game)

เกมในที่นี้ หมายถึง อี-เลิร์นนิ่ง ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ในบรรยากาศที่ทำท่าย สนุกสนานและเพลิดเพลิน เกมอาจอยู่ในรูปของการจำลองก็ได้ ซึ่งก็จะเรียกว่า เกมการจำลอง รูปแบบเกมอนุญาตให้ผู้เรียนฝึกฝนในลักษณะได้ตอบกับระบบอย่างสม่ำเสมอ โดยคาดหวังว่าเมื่อผู้เรียนเล่นเกมหลายๆ ครั้ง ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้และสามารถประยุกต์การเรียนรู้นั้นได้

เนื้อหาที่เหมาะสม

เนื้อหาที่มีความเหมาะสมสำหรับ อี-เลิร์นนิ่งในลักษณะเกม ได้แก่เนื้อหาที่มีลักษณะ ดังนี้

- เนื้อหาประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งตามปกติต้องการเวลามาก
- เนื้อหาประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งตามปกติอาจส่งผลให้เกิดอันตราย
- เนื้อหาประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งตามปกติมีค่าใช้จ่ายสูง
- เนื้อหาที่มีความน่าเบื่อ

การออกแบบ อี-เลิร์นนิ่ง แบบเกมเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่กินเวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง โดยปกติแล้วค่าใช้จ่ายจะเท่ากับ 100 เท่าของราคาที่ใช้ในการออกแบบพัฒนาคำถามแบบตัวเลือก ในลักษณะข้อความ ดังนั้นการที่จะตัดสินใจออกแบบพัฒนาเกม ควรพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนลงมือสร้าง

รูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม

ผู้เรียนเล่นเกมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่เกมได้กำหนดไว้ เกมจะเริ่มจากการนำเสนอเป้าหมายของเกม และกฎกติกาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ผู้เรียนก็จะศึกษาสถานการณ์ ทำความเข้าใจกับบทบาทที่จะต้องเล่นให้พิชิตเป้าหมาย ซึ่งอาจหมายถึง การศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา โดยที่ผู้เรียนจะมีความกระตือรือร้น (active) อย่างสม่ำเสมอเพื่อให้บรรลุเป้าหมายหลักที่เกมกำหนดไว้

คำแนะนำสำหรับการออกแบบ

- เน้นการเรียนรู้ของผู้เรียน ไม่ใช่การเล่น
- ออกแบบให้เหมือนจริง
- ออกแบบให้ทำท่าย
- ออกแบบการแข่งขันให้พอสมควร
- ออกแบบให้เหมือนจริง

- อธิบายเกมอย่างชัดเจน

ออกแบบโดยคำนึงถึงการให้ข้อมูลผู้เรียนอย่างชัดเจน เป้าหมายของเกมข้อจำกัดของเกม (เช่นเวลาที่ใช้ในการเล่น ฯลฯ)

2.4 การออกแบบเว็บไซต์เพื่อการเรียนการสอน

2.4.1 การออกแบบเว็บไซต์ เว็บไซต์เว็บประกอบด้วยหน้าเอกสารจำนวนมาก และหน้าเอกสารเหล่านี้จะมีการเชื่อมโยงกันเพื่อให้ผู้อ่านสามารถอ่านได้ในเวลาอันรวดเร็ว เอกสารที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันเหล่านี้จะรวมกัน เรียกว่า "เว็บไซต์"

การสร้างเว็บไซต์สิ่งหนึ่งที่สำคัญก่อนที่จะลงมือสร้างเว็บไซต์จริงก็คือ การออกแบบเว็บไซต์ ซึ่งหลักการออกแบบเว็บไซต์มีดังนี้ (กิดานันท์ มลิทอง. 2542 :8)

1. การวางแผนล่วงหน้า
2. รวบรวมจัดระเบียบ
3. การนำทาง
4. เกณฑ์มาตรฐานผู้อ่าน

การออกแบบเว็บการเรียนการสอน

Mcmanus (1996) [Internet] ได้เสนอรูปแบบการออกแบบระบบการเรียนการสอนด้วยอินเทอร์เน็ตที่ใช้ในรูปแบบการเรียนการสอนที่เรียกว่า HDM (Hypermedia Design Model) โดยประกอบด้วย 1. การกำหนดขอบเขตของการเรียนการสอน 2. การกำหนดขององค์ประกอบกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวกับการสอน 3. รวบรวมหัวข้อความรู้เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กรณีตัวอย่าง 4. เชื่อมโยงแนวทางต่าง ๆ เข้าสู่กรณีที่จะแสดงความคิด 5. ให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนโดยกรณีตัวอย่าง และ 6. ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตรวจสอบตนเอง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตการเรียนการสอน

เป็นการกำหนดขอบเขตองค์ประกอบของการเรียนรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับตามความเหมาะสมกับเวลา เป็นการกำหนดว่าขอบเขตการสอนควรมีแค่ไหน ระบบการสอนแบบไฮเปอร์มีเดีย ควรจะเป็นขอบเขตความรู้ที่มีความซับซ้อนมีเส้นทางการเชื่อมโยงองค์ประกอบความรู้ที่ซับซ้อน และซับซ้อนหลายเส้นทาง

2. การกำหนดองค์ประกอบกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวกับการเรียนการสอน

เป็นการกำหนดองค์ประกอบย่อยของกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนที่จะทำให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ซึ่งรวมทั้งข้อความ กราฟฟิก เสียง และวิดีโอ ที่เกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายสำคัญ กรณีตัวอย่างที่ผู้ออกแบบเลือกมาควรมีความเหมาะสมในทุกๆ ด้านของขอบเขตการเรียน

3. การกำหนดหัวข้อแนวคิด

ในขั้นนี้จะเป็นการกำหนดเค้าโครง ความรู้ กำหนดเป้าหมายการออกแบบ เลือกรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม และ วิธีการนำเสนอ ออกแบบองค์ประกอบความรู้ที่ผู้เรียนควรจะได้รับ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนตามขอบเขตที่ได้กำหนดไว้เป็นขั้นตอนที่ 1

4. รวบรวมหัวข้อความรู้เพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่กรณีตัวอย่าง

ในที่นี้จะเป็นการรวบรวมและสร้างทางเชื่อมเพื่อโยงกรณีตัวอย่างต่างๆ เข้าไว้ด้วยกันซึ่งจะเป็นเส้นทางนำไปสู่ประเด็นความรู้ที่กำหนดไว้ในขอบเขตของการเรียนการสอน

5. ให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนการสอนผ่านกรณีตัวอย่าง

การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนด้วยตนเอง ผ่านเส้นทางการเรียนรู้จากกรณีตัวอย่างที่กำหนดไว้ จะทำให้ผู้เรียนสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการเรียนที่ตั้งไว้ได้ โดยใช้แนวความคิดผู้สอนวางไว้ แต่ผู้เรียนสามารถจะคิดค้นคำสำคัญ (Keyword) ที่ค้นหาด้วยเครื่องมือช่วยค้น (Search engine) ขึ้นมาเอง

6. ให้โอกาสผู้เรียนตรวจสอบตนเอง

เป็นขั้นตอนการตรวจสอบตนเองของผู้เรียน ในรูปแบบนี้ผู้เรียนจะเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ ผู้เรียนสามารถที่จะเลือกกำหนด ค้นหาข้อมูลความรู้และตอบคำถามที่อยากรู้ได้ด้วยตัวเอง ผู้เรียนจึงต้องมีการตรวจสอบตัวเองว่าสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยผู้สอนควรออกแบบเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบตนเองของผู้เรียน

2.4.3 เทคนิควิธีเกี่ยวกับการออกแบบเว็บไซต์และเว็บช่วยสอน

การออกแบบเว็บไซต์ มีเทคนิคดังนี้

1. ตัวอักษร และสีพื้นหลัง

กิดานันท์ มลิทอง (2542 : 65-66) ได้กล่าวถึงกฎเกณฑ์ต่างๆ ในการเลือกใช้ตัวอักษรบนเว็บไซต์ไว้ 2 ประการ

1.1 ความอ่านได้ หมายถึง การที่สามารถอ่านข้อความที่มีอยู่เป็นจำนวนมากในเว็บไซด์ได้อย่างสบายตา ถ้าเป็นตัวอักษรภาษาไทย ควรใช้ตัวอักษรแบบมีหัว หรือในภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษรแบบเซอริฟ (Serif) คือ ตัวอักษรที่มีขีดบนเส้นหางจะทำให้สามารถอ่านได้มากที่สุด นอกจากนี้ ไม่ควรใช้ตัวอักษรที่มีขนาดใหญ่เกินไป (ไม่ควรใหญ่กว่า 14 พอยต์) และไม่ควรเล็กเกินไป (ไม่ควรเล็กกว่า 10 พอยต์) และไม่ควรจัดข้อความมากๆ ในลักษณะตัวหนา ตัวเอน หรือถ้าเป็นภาษาอังกฤษก็ไม่ควรใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด และถ้าเป็นข้อความสั้นก็ใช้สีเหล่านี้ได้ และหากต้องพิมพ์ข้อความเป็นบรรทัดยาวๆ ควรหลีกเลี่ยงการพิมพ์ข้อความตั้งแต่ส่วนซ้ายไปจรดส่วนขวาของจอภาพ ข้อความที่เป็นบรรทัดยาวๆ จะเป็นการยากสำหรับผู้อ่านในการหาจุดเริ่มต้นของบรรทัดต่อไปลักษณะการใช้สีตัวอักษรกับพื้นหลังที่จะทำให้

อ่านได้ สิ่งที่ดีที่สุดก็คือ ตัวพิมพ์สีดำบนพื้นหลังสีขาว แต่สีที่มีความเปรียบต่างอื่นๆ ก็สามารถใช้ได้ดีในลักษณะของการใช้สีตัวอักษรสีอ่อนบนพื้นหลังสีเข้ม หรือการใช้ตัวอักษรสีเข้มบนพื้นหลังสีอ่อน เป็นต้น

1.2 ความอ่านง่าย หมายถึง ข้อความสั้นๆ ที่แปลกแตกต่างจากข้อความที่เป็นเนื้อเรื่อง เช่น หัวเรื่อง ชื่อป้อนนำทางต่างๆ ข้อความเหล่านั้นจะสังเกตเห็นและอ่านได้ง่ายเพียงใดบนเว็บไซต์ ถ้าเป็นตัวพิมพ์ภาษาไทยควรใช้ตัวพิมพ์แบบไม่มีหัว หรือในภาษาอังกฤษใช้ตัวพิมพ์แบบแซนเซอริฟ (Sans Serif) คือตัวพิมพ์แบบไม่มีขีดบนเส้นหาง และควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวอักษรแบบเล่นทาง ตัวอักษรที่มีลักษณะเป็นตัวอักษรโบราณ

ยีน ภู่วรรณ (2540 : 70) ได้ให้หลักการในการกำหนดสีตัวอักษรและสีพื้นหลัง ไว้ว่า การใช้ตัวอักษร ภาพ และสีพื้นหลัง นั้นจะทำให้เว็บไซต์นั้นน่าสนใจแต่การวางสีตัวอักษรกับพื้นหลังนั้นต้องสอดคล้องกับการดูหรือการอ่านง่าย ดูแล้วสบายตา ดังนั้น ข้อควรระวังอย่างยิ่งในการใช้สี คือ อย่าทำให้รูปภาพหรือข้อความจมหายไปในพื้นหลังจะทำให้อ่านยาก หากมีข้อความที่ต้องให้อ่านเป็นจำนวนมากก็ไม่ควรใช้สีพื้นที่ทำให้ดูอ่านยาก

คู่สีระหว่างตัวอักษรกับสีพื้นที่ทำให้อ่านง่าย คือ อักษรขาวบนพื้นน้ำเงิน อักษรเหลืองบนพื้นดำ อักษรขาวบนพื้นเทาหรือดำ อักษรเหลืองบนพื้นน้ำเงิน อักษรเขียวบนพื้นม่วง และอักษรเหลืองบนพื้นเขียว

1.3 การจำกัดและควบคุมขนาดของเว็บไซต์ การกำหนดขนาดของเว็บไซต์สร้างในแต่ละหน้าผู้ออกแบบควรจำกัดขนาดของเว็บเพจแต่ละหน้าไว้ที่ 15 ถึง 30 กิโลไบต์ สำหรับไฟล์ HTML บวกกับรูปภาพ และภาพเคลื่อนไหว อีกไม่เกิน 20 ถึง 30 กิโลไบต์ เท่านั้น ก็เพียงพอแล้ว เพราะการโหลดขนาด 35 ถึง 60 กิโลไบต์ (KB) ก็ถือว่าช้ามาก ดังนั้นทางที่จะจำกัดขนาดเว็บเพจได้ก็โดยการใช้ Hyperlink ของ HTML แทนที่จะใช้รูป ภาพปุ่มสำหรับคลิกเพื่อไปยังเว็บเพจหน้าอื่นๆ เพราะตัวอักษรจะมีไฟล์ขนาดเล็กกว่ารูปภาพเสมอ นอกจากนี้เว็บไซต์ใหญ่ๆ ซึ่งมีเว็บเพจหลายๆ หน้า ควรจะมีรายการเชื่อมโยง เพื่อไปยังส่วนต่างๆ ของเว็บไซต์

2. การใช้ภาพ

การออกแบบเว็บไซต์นั้น หน้าแรกของเว็บไซต์ เป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็นหน้าที่บอกกับผู้ดูได้ว่าเว็บไซต์ที่สร้างเป็นเว็บไซต์เกี่ยวกับอะไร การใช้รูปภาพก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เพราะจะทำให้ผู้ดูสามารถจะเข้าใจได้ทันทีว่ากำลังเข้าสู่เว็บไซต์อะไร

3. การใช้ขนาดสร้างระดับชั้นของข้อมูล

ผู้ดูจะดูข้อมูลไปตามลำดับชั้นของข้อมูล ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยการใช้ขนาดของตัวอักษรที่แตกต่างกัน เช่น ใช้ที่แต่ละตอนของข้อความ ที่หัวเรื่องหรือที่อื่นๆ นอกจากนี้สามารถเลือกใช้ตัวอักษรที่มีขนาดต่างๆ สำหรับเนื้อความที่บอกถึงแหล่งข้อมูลที่ผู้ดูจะค้นคว้าเพิ่มต่อไป

4. การจัดข้อความให้เป็นกลุ่มก้อน

การสร้างเว็บไซต์ควรมีการแบ่งข้อมูลที่มีอยู่ให้เป็นปะเภทๆ เพื่อให้ผู้ดูจะได้แยกแยะและเลือกดูได้อย่างรวดเร็ว เทคนิคที่ใช้ ก็คือ การเว้นช่องว่าง และการแบ่งเป็นคอลัมน์ และการเชื่อมโยงให้เป็นหมวดหมู่

5. การแบ่งย่อหน้าด้วยสีสัน

การใช้สีสันต่างๆ สำหรับแต่ละประเด็นของเนื้อความจนทำให้อ่านได้รวดเร็วขึ้น

6. สีสันของตัวเชื่อมโยง

นอกจากการกำหนดสีของข้อความที่เป็นตัวเชื่อมโยง ควรกำหนดสีของตัวเชื่อมโยงที่กำลังทำงานและสีของตัวเชื่อมโยงที่เคยเข้าไปแล้วจะเป็นการสร้างการตอบสนองกับผู้ดูแบบทันทีทันใด และเป็นการแจ้งให้ผู้ดูรู้ว่าเขาอยู่ ณ จุดใด

2.5 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์หนึ่ง เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ

การสร้างงานใด ๆ ก็ตาม การนำวิธีระบบ (system Approach) เข้าไปใช้ จะช่วยให้งานนั้นดำเนินไปอย่างมีระบบระเบียบเป็นขั้นตอน สามารถวิเคราะห์ตรวจสอบแต่ละขั้นตอนได้ และสามารถปรับปรุงแก้ไขแต่ละขั้นตอนได้โดยไม่ต้องไปรื้อโครงสร้างทั้งหมด โดยเหตุนี้การออกแบบบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ควรยึดวิธีระบบ ดังเช่นการออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ Alessi and Trollip (อ้างใน ถนอมพร เลาหงรัสแสง 2541:29-39) ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบอยู่ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (preparation)

ขั้นตอนแรกของการออกแบบบทเรียนเป็นขั้นตอนในการเตรียมพร้อมก่อนที่จะทำการออกแบบบทเรียน ในขั้นตอนการเตรียมนี้ผู้ออกแบบจะต้องเตรียมในเรื่องของความชัดเจนในการกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์หลังจากนั้นผู้ออกแบบควรที่จะเตรียมการในการรวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ยังควรที่จะเรียนรู้เนื้อหา เพื่อให้เกิดการสร้างหรือระดมความคิดในที่สุด ดังนี้

1. กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ (determine goals and objectives) หมายความว่า ผู้เรียนจะสามารถใช้บทเรียนนี้เพื่อศึกษาในเรื่องใดและในลักษณะใด กล่าวคือ เป็นบทเรียนหลักเป็นบทเรียนเสริม เป็นแบบฝึกหัดเพิ่มเติมหรือเป็นแบบทดสอบ เป็นต้น รวมทั้งการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียน คือ เมื่อผู้เรียนเรียนจบแล้วจะสามารถทำอะไรได้บ้าง เช่น ผู้เรียนจะสามารถยกตัวอย่างหรืออธิบายได้ เป็นต้น

2. รวบรวมข้อมูล (collect resources) หมายถึง การเตรียมพร้อมทางด้านของทรัพยากรสารสนเทศ (information resources) ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของเนื้อหา (materials) การพัฒนาและออกแบบบทเรียน (instructional development) และสื่อในการนำเสนอบทเรียน (instructional

delivery system) ซึ่งในที่นี้ก็คือ คอมพิวเตอร์นั่นเอง ทรัพยากรในส่วนของเนื้อหาได้แก่ ตำรา หนังสือเรียน วารสารทางวิชาการ หนังสืออ้างอิง สไลด์ ภาพต่าง ๆ และที่สำคัญก็คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหานั้น ส่วนทรัพยากรในส่วนของกรออกแบบบทเรียนได้แก่ หนังสือการออกแบบบทเรียน กระดาษสำหรับวาดสตอรี่บอร์ด สื่อสำหรับการทำกราฟิก โปรแกรมประมวลผลคำและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบบทเรียน ทรัพยากรในส่วนของสื่อที่ใช้ในการนำเสนอได้แก่ คอมพิวเตอร์ กลุ่มี้อ่างๆ ทั้งของคอมพิวเตอร์และของโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ต้องการใช้และผู้เชี่ยวชาญการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในที่สุด

3. เรียนรู้เนื้อหา (learn content) ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหากผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาก็จะต้องหาความรู้ทางด้านกรออกแบบบทเรียน หรือหากเป็นผู้ออกแบบบทเรียนก็จะต้องหาความรู้ด้านเนื้อหาควบคู่กันไป แม้ในกรณีที่ทำงานกันเป็นทีม ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้เนื้อหาด้วย สำหรับผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว การเรียนรู้เนื้อหาอาจทำได้ในหลายลักษณะ เช่น การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ การอ่านหนังสือหรือเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาของบทเรียน เป็นต้น การเรียนรู้เนื้อหาเป็นสิ่งที่สมควรอย่างยิ่งสำหรับผู้ออกแบบเนื่องจากความไม่รู้เนื้อหานี้จะทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบบทเรียน กล่าวคือ ผู้ออกแบบจะไม่สามารถออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพได้ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของกรออกแบบ การชี้แนะทางการเรียนรู้ การนำเสนอเนื้อหา การให้ผลป้อนกลับ ตลอดจน การทดสอบความรู้ของผู้เรียน อีกนัยหนึ่งก็คือความเข้าใจเนื้อหาในระดับผิวเผินนั้นก็ส่งผลให้การได้มาซึ่งกรออกแบบบทเรียนในลักษณะที่ไม่สามารถทำทนายผู้เรียนในทางสร้างสรรค์ได้

4. สร้างความคิด (generate ideas) หมายถึง การกระตุ้นให้เกิดการใช้ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้ได้ข้อคิดเห็นต่างๆ เป็นจำนวนมากจากทีมงานในระยะเวลาอันสั้น โดยความคิดสร้างสรรค์ในขั้นนี้จะยึดถือปริมาณมากกว่าการประเมินค่าความถูกต้องเหมาะสม การระดมสมองมีกติกาอยู่ด้วยกัน 4 ประการ ได้แก่ การห้ามวิจารณ์ การคิดโดยอิสระ การเน้นปริมาณ และการกระตุ้นความคิดอย่างต่อเนื่อง การสร้างความคิดโดยการระดมสมองมีความสำคัญมากเพราะจะทำให้เกิดข้อคิดเห็นต่างๆ อันจะนำมาซึ่งแนวคิดที่ดีและน่าสนใจในที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนกรออกแบบบทเรียน (instruction design)

ขั้นตอนที่ 2 นี้เป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมถึงการทอนความคิด การวิเคราะห์งานและแนวคิด กรออกแบบบทเรียนขั้นแรกและการประเมินและแก้ไขกรออกแบบ ขั้นตอนกรออกแบบบทเรียนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดขั้นตอนหนึ่งในการกำหนดว่าบทเรียนจะออกมามีลักษณะใด ดังนี้

1. ทอนความคิด (elimination of ideas) หลังจากการระดมสมองแล้วนักออกแบบจะนำความคิดทั้งหมดมาประเมินดูว่าข้อคิดใดที่น่าสนใจ การทอนความคิดเริ่มจากการคัดเอา

ข้อคิดที่ไม่อาจปิกิบัติได้ เนื่องจากเหตุผลใดก็ตามหรือข้อคิดที่ซ้ำซ้อนกันออกไปและรวบรวมความคิดที่น่าสนใจที่เหลืออยู่นั้น มาพิจารณาอีกครั้ง ซึ่งในช่วงการพิจารณาอีกครั้งหนึ่งนี้อาจรวมไปถึงการซักถาม อภิปรายถึงรายละเอียดและขัดเกลาข้อคิดต่างๆ อีกด้วย

2. วิเคราะห์งานและแนวคิด (task and concept analysis) การวิเคราะห์งาน (task analysis) เป็นการพยายามในการวิเคราะห์ขั้นตอนเนื้อหา หากที่ผู้เรียนจะต้องศึกษาจนทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ต้องการ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์งานในการเรียนการสอนเรื่องวิธีการใช้กล้องถ่ายภาพดีทีสนั้น ขั้นตอนเนื้อหาการสอนที่เหมาะสมอาจได้แก่ การสอนวิธีการเปิดเครื่อง การใส่เทป การใช้ปุ่มควบคุมต่างๆ และหลังจากนั้นจึงสอนทักษะที่ต้องใช้ทักษะพื้นฐานต่างๆ ที่ได้สอนไปแล้วผนวกเข้าด้วยกัน ขั้นตอนในการวิเคราะห์เนื้อหาซึ่งผู้เรียนจะต้องศึกษาอย่างพินิจพิจารณาทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียน และเนื้อหาที่มีความชัดเจนเท่านั้น การคิดเนื้อหาอย่างละเอียดรวมไปถึงการนำเนื้อหาทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมาพิจารณาอย่างละเอียดและตัดเนื้อหาส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปหรือที่ทำให้ผู้เรียนสับสนได้ง่ายออกไป ดังนั้นการวิเคราะห์งาน และการวิเคราะห์แนวคิดซึ่งถือว่าเป็นการคิดวิเคราะห์ที่มีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อหาหลักการ การเรียนรู้ที่เหมาะสมของเนื้อหานั้นๆ และเพื่อให้ได้มาซึ่งแผนงานสำหรับการออกแบบบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ

3. ออกแบบบทเรียนขั้นแรก (preliminary lesson description) หลังจากที่มีการวิเคราะห์งานและแนวคิด ผู้ออกแบบจะต้องนำงานและแนวคิดทั้งหลายที่ได้มานั้นมาผสมผสานให้กลมกลืนและออกแบบให้เป็นบทเรียนที่มีประสิทธิภาพ โดยการผสมผสานงานและแนวคิดเหล่านี้จะต้องทำภายใต้ทฤษฎีการเรียนรู้

4. ประเมินและแก้ไขการออกแบบ (evaluation and revision of the design) การประเมินและแก้ไขในขั้นตอนการออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบบทเรียนอย่างมีระบบ การประเมินนั้นเป็นสิ่งที่จะต้องทำอยู่เรื่อยๆ ระหว่างการออกแบบ ไม่ใช่หลังจากการออกแบบโปรแกรมเสร็จแล้วเท่านั้น หลังจากการออกแบบแล้ว จึงควรที่จะมีการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบและโดยผู้เรียนซักกรอบหนึ่งเสียก่อน การประเมินนี้อาจหมายถึงการทดสอบว่าผู้เรียนจะสามารถบรรลุเป้าหมายหรือไม่ การรวบรวมทรัพยากรทางด้านข้อมูลต่างๆ มากขึ้น การหาความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาเพิ่มขึ้น การทอนความคิดออกไปอีก การปรับแก้การวิเคราะห์งานหรือแม้กระทั่งการเปลี่ยนประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังจากทำการแก้ไขแล้ว อาจที่จะทำการย้อนกลับไปประเมิน จนกระทั่งได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีคุณภาพเป็นที่พอใจกับทุกฝ่ายในทีม ก่อนที่จะดำเนินการออกแบบในขั้นตอนที่ 3 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน (flowchart lesson)

ผังงาน คือ ชุดของสัญลักษณ์ต่างๆ ซึ่งอธิบายขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม การเขียนผังงานเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้ก็เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีจะต้องมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอและปฏิ

สัมพันธน์จะสามารถถูกถ่ายทอดออกมาได้อย่างชัดเจนที่สุดในรูปของสัญลักษณ์ ซึ่งแสดงกรอบการตัดสินใจและกรอบเหตุการณ์ การเขียนผังงานจะไม่นำเสนอรายละเอียดหน้าจอเหมือนการสร้างสตอรี่บอร์ด หากการเขียนผังงานจะนำเสนอลำดับขั้นตอน โครงสร้างของบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนผังงานทำหน้าที่เสนอข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม เช่น อะไรที่เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนตอบคำถามผิด หรือเมื่อไรที่จะมีการจบบทเรียน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (create storyboard)

การสร้างสตอรี่บอร์ดเป็นขั้นตอนของการนำเสนอข้อความ ภาพ รวมทั้งสื่อในรูปแบบมัลติมีเดียต่างๆ ลงบนกระดาษ เพื่อให้การนำเสนอข้อความและสื่อในรูปแบบต่างๆ เหล่านี้เป็นไปอย่างเหมาะสม บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ต่อไป ขณะที่ผังงานนำเสนอลำดับและขั้นตอนของการตัดสินใจ สตอรี่บอร์ดนำเสนอเนื้อหาและลักษณะของการนำเสนอ ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ดรวมไปถึงการเขียนสคริปต์ที่ผู้เรียนจะได้เห็นบนหน้าจอ ซึ่งได้แก่ เนื้อหา ข้อมูล คำถาม ผลป้อนกลับ คำแนะนำ คำชี้แจง ข้อความเรียกความสนใจ ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น

ในขั้นนี้ควรที่จะมีการประเมินและทบทวนแก้ไขบทเรียนจากสตอรี่บอร์ดจนกระทั่งผู้ร่วมงานในทีมทุกฝ่ายพอใจกับคุณภาพของบทเรียนเสียก่อน นอกจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการออกแบบแล้ว ผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเป้าหมายซึ่งไม่สันทัดในเนื้อหาควรที่จะมีส่วนร่วมในการประเมิน ทั้งนี้เพื่อช่วยในการตรวจสอบเนื้อหาที่อาจสับสน ไม่ชัดเจน ตกหล่นและเนื้อหาที่อาจจะยากหรือง่ายจนเกินไปสำหรับผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม (program lesson)

ขั้นตอนการสร้าง/การเขียนโปรแกรมนี้ เป็นกระบวนการเปลี่ยนสตอรี่บอร์ดให้กลายเป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเขียนโปรแกรมนั้นหมายถึง การใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสร้างบทเรียน เช่น Multimedia ToolBook ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะต้องรู้จักเลือกใช้โปรแกรมที่เหมาะสม การใช้โปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสร้างนั้น ผู้ใช้สามารถได้มาซึ่งงานที่ตรงกับความต้องการและเวลาในการสร้างได้ส่วนหนึ่ง หากโปรแกรมช่วยสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ไม่เหมาะสมกับงานที่มีความซับซ้อนมาก อย่างไรก็ตามเมื่อผู้ออกแบบเลือกแล้วที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้ออกแบบจะต้องใช้เวลาในการเลือกโปรแกรมที่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (produce supporting materials)

เอกสารประกอบบทเรียนเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง เอกสารประกอบบทเรียนแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ คู่มือการใช้ของผู้เรียน คู่มือการใช้ของผู้สอน คู่มือสำหรับแก้ปัญหาเทคนิคต่างๆ และเอกสารประกอบเพิ่มเติมต่างๆ ไป ผู้เรียนและผู้สอนย่อมต้องการแตกต่างกันไปดังนั้นคู่มือสำหรับผู้เรียนและผู้สอนจึงต้องไม่เหมือนกัน ผู้สอนอาจต้องการข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้ง

โปรแกรม การเข้าไปดูข้อมูลผู้เรียนและการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ในหลักสูตร นอกจากนี้อาจต้องการข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจว่าจะใช้โปรแกรมนั้นหรือไม่และใช้อย่างไร ผู้เรียนอาจต้องการข้อมูลในการจัดการกับบทเรียนและการสืบไปในบทเรียน กลุ่มปัญหาเทคนิคก็มีความจำเป็นหากการติดตั้งบทเรียนมีความสลับซับซ้อนหรือต้องการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์อื่นๆ เช่น การติดตั้งแลน เป็นต้น เอกสารเพิ่มเติมประกอบก็อาจได้แก่ แผนภาพ ข้อสอบ ภาพประกอบหรือเอกสารที่ใช้ประกอบการเรียนต่างๆ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (evaluate and revise)

ในช่วงสุดท้ายบทเรียนและเอกสารประกอบทั้งหมดควรที่จะได้รับการประเมิน โดยเฉพาะการประเมินในส่วนของการนำเสนอและการทำงานของบทเรียน ในส่วนของการนำเสนอที่ผู้ที่จะทำการประเมินคือผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกแบบมาก่อน ในการประเมินการทำงานของบทเรียนนั้น ผู้ออกแบบควรที่จะทำการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนในขณะที่ใช้บทเรียนหรือสัมภาษณ์ผู้เรียนหลังการใช้บทเรียน นอกจากนี้ยังอาจทดสอบความรู้ผู้เรียนหลังจากที่ได้ทำการเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นๆ แล้ว โดยผู้เรียนจะต้องมาจากผู้เรียนในกลุ่มเป้าหมาย ขั้นตอนนี้อาจครอบคลุมการทดลองนำร่องและการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญได้

ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของบทเรียน (efficiency of the lesson)

อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์ (2530:80-84) ในกรณีที่ได้บทเรียนที่สมบูรณ์แล้วก่อนนำบทเรียนไปใช้กับผู้เรียนควรจะได้้นำบทเรียนนั้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน แล้วอาจต้องปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้วจึงนำไปทดลอง โดยหากกลุ่มตัวอย่างเล็กๆ ประมาณ 2-3 คนก่อนเพื่อจะได้ตรวจสอบในด้านการใช้ถ้อยคำสำนวน หรือคำสั่งว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะต้องแก้ไขปรับปรุงใหม่ หลังจากนั้นจึงนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างประมาณ 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนตามกระบวนการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียน นิยมกำหนดในรูปของ E_1/E_2 เป็นตัวเลขร้อยละ โดยเกณฑ์ที่กำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนที่ตั้งค่าเกณฑ์ของประสิทธิภาพไว้สูง จะใช้เกณฑ์ 90/90 หรือบทเรียนที่มีเนื้อหายาก อาจตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่า 90/90 แต่ไม่ควรต่ำกว่า 80/80 จึงถือว่าใช้ได้ (ธีรชัย ปุณณโชติ. 2533 : 42)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับประเทศไทยแม้จะมีการนำอินเทอร์เน็ตมาใช้ในสถานศึกษาบ้างแล้ว แต่ก็ยังไม่มีการศึกษาาระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในด้านการศึกษาอย่างจริงจัง มีเพียงการศึกษาแนวโน้ม ทางด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา เช่น

นวลวรรณ ทิพย์สุนทนา (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องพื้นฐานระบบเครือข่ายการสื่อสารข้อมูล โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ประเภทวิชาบริหารธุรกิจ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) จังหวัดชลบุรี กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีประสิทธิภาพเท่ากับ $83.50/82.75$ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ $80/80$ เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

ธวัชชัย จิตต์สนธิ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็น สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มีประสิทธิภาพเท่ากับ $84.52/82.27$ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ $80/80$ ที่ตั้งไว้ ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1 ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรศักดิ์ คุณเจตน์ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตเรื่องระบบเครือข่ายท้องถิ่น โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ต ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ $84.78/80.58$ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน $80/80$ ที่ตั้งไว้ และเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

ประทีป อินทรสิทธิ์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง องค์ประกอบการออกแบบสื่อกราฟิกเพื่อนำเสนอ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับอุดมศึกษาชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ จำนวน 90 คนจากประชากร 120 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 30 คน กลุ่มแรกเป็นกลุ่มผู้เรียนที่หาประสิทธิภาพบทเรียน กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กลุ่มที่ 3 กลุ่มผู้เรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ $84.33/83.22$ สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน $80/80$ ที่ตั้งไว้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

เอี่ยมพร รอดอิม (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง เทคนิคการจัดอาร์ตเวิร์ก โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกคอมพิวเตอร์ โรงเรียนสยามบริหารธุรกิจ (SBAC) ปี

การศึกษา 2545 จำนวน 88 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 ใช้หาประสิทธิภาพของบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำนวน 43 คน กลุ่มที่ 2 ใช้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.48/82.52 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ด้วยบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

อรรถผล คณะพล (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง เทคนิคการบริหารงานแบบ 5 ส โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ประเภทวิชาหลักการจัดการ สาขาวิชาการบัญชีหลักสูตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โรงเรียนพณิชยการคณะพล (เค.ซี.ซี) จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.42/82.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 80/80 และเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้

ธนวรรณ กิริยะ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยพัฒนาหาคุณภาพและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ เรื่อง ระบบเลขฐานและการคำนวณเกี่ยวกับระบบเลขฐาน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 (ปวส.1) ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาพระนครศรีอยุธยา กรมอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตวิชาคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ เรื่องระบบเลขฐานและการคำนวณเกี่ยวกับระบบเลขฐาน ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.14$) มีคุณภาพทางด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.29$) และมีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.75/82.87 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ 80/80 เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสาขาอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546 ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรีที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ที่ไม่เคยเรียน วิชาเครื่องส่งวิทยุและสาขาอากาศ (รหัสวิชา 2104-2210) มาก่อน จำนวน 30 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสาขาอากาศ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสาขาอากาศ เป็นบทเรียนที่มีความยาวของเนื้อหาทั้งหมด 20 สัปดาห์ จำนวนทฤษฎี 26 คาบ คาบละ 60 นาที ส่วนภายในเนื้อหาแบ่งออกเป็นหน่วยๆ เพื่อความสะดวกของนักเรียน รวมทั้งหมด 7 หน่วย ประกอบด้วย

หน่วยที่ 1 ยานความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- หน่วยที่ 2 วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่
- หน่วยที่ 3 เครื่องส่งวิทยุระบบ AM
- หน่วยที่ 4 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM
- หน่วยที่ 5 สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น
- หน่วยที่ 6 สายอากาศและอัตรายาย
- หน่วยที่ 7 เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

2. แบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบทดสอบระดับลู-ปรินท์ (test blueprint) (สุราษฎร์ พรหมจันทร์. 2530 : 97-99) มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

3.3 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

3.3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

การสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำแนวคิดของ Alessi and Trollip และแนวคิดของ อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์ มาประยุกต์ใช้ในการสร้างบทเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับเนื้อหาของบทเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการเตรียม (preparation)

1.1 ศึกษารายละเอียดคำอธิบายรายวิชา

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เลือกตามเนื้อหา รายวิชา ในวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ (รหัสวิชา 2104-2210) โดยทำทั้งหลักสูตร ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546 ซึ่งลักษณะของเนื้อหาที่มีความยากต่อการเข้าใจในการนำไปใช้งานจริง ถ้าศึกษาจากเนื้อหาที่เป็นตัวอักษรเพียงอย่างเดียว โดยได้ใช้ภาพมาประกอบคำบรรยายของแต่ละกรอบเนื้อหา

1.2 วิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นหน่วยย่อย

ศึกษาเนื้อหาตลอดทั้งเรื่อง เพื่อวางแผนการนำมาสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ได้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่มีความยาวของเนื้อหาทั้งหมด 26 คาบ คาบละ 60 นาที ส่วนภายในเนื้อหาได้วิเคราะห์แบ่งออกเป็นบทๆ เพื่อความสะดวกของนักเรียน ที่ศึกษาแต่ละบทเรียน ดังนี้

หน่วยเรียนที่ 1 ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Frequency Spectrum and Electromagnetic Wave)

- 1.1 คลื่นวิทยุ (Radio Wave)
 - 1.1.1 ความหมายของคลื่นวิทยุ
 - 1.1.2 ความถี่ (Frequency)
 - 1.1.3 ความยาวคลื่น (Wave Length)
 - 1.2 การแบ่งย่านความถี่วิทยุ (Spectrum Frequency Wave)
 - 1.2.1 สเปกตรัมความถี่วิทยุ (Frequency Spectrum)
 - 1.2.2 ย่านความถี่และการนำไปใช้งาน
 - 1.3 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - 1.3.1 การสะท้อนกลับของคลื่น (Reflection)
 - 1.3.2 การหักเหของคลื่น (Refraction)
 - 1.3.3 การเบี่ยงเบนของคลื่น (Diffraction)
 - 1.3.4 การลดทอนของคลื่น (Attenuation)
- หน่วยที่ 2 วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่ (Resonant and Filter Circuit)
- 2.1 วงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Circuit)
 - 2.1.1 วงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรม
 - 2.1.2 วงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนาน
 - 2.2 วงจรจูนและวงจรถูกกำเนิดสัญญาณความถี่ (Tune and Oscillator Circuit)
 - 2.2.1 วงจรจูน (Tune Circuit)
 - 2.2.2 วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator Circuit)
 - 2.3 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)
 - 2.3.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)
 - 2.3.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)
 - 2.3.3 วงจรกรองความถี่ผ่าน (Band Pass Filter)
 - 2.3.4 วงจรกรองความถี่ไม่ผ่าน (Band Stop Filter)
- หน่วยที่ 3 เครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Radio Transmitter System)
- 3.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ AM
 - 3.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Transmitter Circuit)
 - 3.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)
 - 3.2.2 วงจรทวีคูณความถี่
 - 3.2.3 วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ AM
 - 3.2.4 วงจรขยายความถี่สูง
 - 3.3 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier Circuit)

หน่วยที่ 4 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Radio Transmitter System)

4.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ FM

4.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Transmitter Circuit)

4.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Circuit)

4.2.2 วงจรทวีคูณความถี่วิทยุ

4.2.3 วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ FM

4.3 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์

4.3.1 หลักการของเครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์

4.3.2 การกำเนิดสัญญาณ FM สเตอริโอ

4.3.3 การผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์

หน่วยที่ 5 สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น

5.1 สายส่งสัญญาณ

5.2 โครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ

5.2.1 ชนิดของสายส่งสัญญาณ

5.3 ข้อมูลทั่วไปของสายโคแอกเชียล

5.3.1 การคำนวณอัตราสูญเสียของสายโคแอกเชียล

5.3.2 การเลือกใช้สายโคแอกเชียล

5.4 ท่อนำคลื่น

5.4.1 ลักษณะโครงสร้างของท่อนำคลื่น

5.4.2 ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมดต่างๆ

5.4.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

5.4.4 ความยาวคลื่นคัทออฟและความถี่ในท่อนำคลื่น

5.4.5 ลักษณะโหมดสูงในท่อนำคลื่น

5.4.6 อิมพีแดนซ์ในท่อนำคลื่น

5.4.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแมตชิง

หน่วยที่ 6 สายอากาศและอัตรายาย

6.1 หลักการของสายอากาศ

6.2 การกระจายคลื่นออกจากสายอากาศ

6.3 ลักษณะกระแสและแรงดันบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

6.4 ลักษณะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบนสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่น

6.5 ความยาวคลื่นในสายอากาศ

6.6 ขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

- 6.7 สายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นหรือเฮริทซ์
- 6.8 ความยาวของสายอากาศกับความถี่
- 6.9 สายอากาศเวอร์ดิกอล กราวด์ เพลน หรือมาโคนี
- 6.10 สายอากาศไอโซทรอปิก
- หน่วยที่ 7 เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ
- 7.1 วัตถุประสงค์ในการวัด
- 7.2 SWR มิเตอร์
- 7.3 ดัมมี่ โหลด
- 7.4 ดิพ มิเตอร์
- 7.5 เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- 7.6 อิมพีแดนซ์ บริดจ์
- 7.7 นอยส์ บริดจ์
- 7.8 กฎระเบียบกับเครื่องวิทยุคมนาคม
- 7.9 พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498

ผลการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา (รายละเอียดดูได้จากภาคผนวก ข ตารางที่ ข-1 ถึง ตารางที่ ข-4 หน้าที่ 90-99)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน (instruction design)

การออกแบบบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ผู้วิจัยเลือกการออกแบบประเภทการสอน (tutorial) โดยเนื้อหาทั้งหมดทำเป็นบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งได้มีการออกแบบ ดังนี้

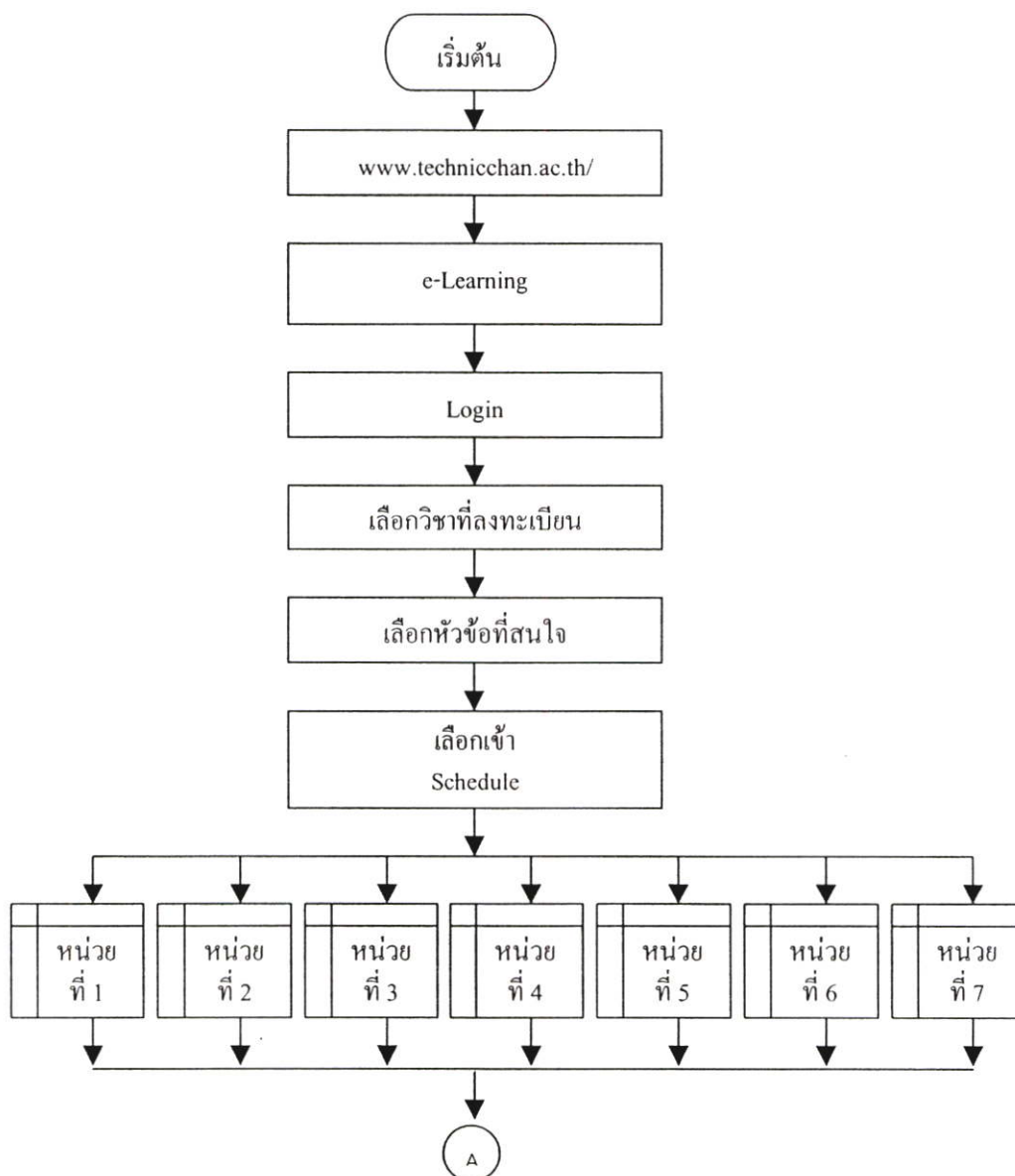
1. ออกแบบโฮมเพจ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เพื่อให้ผู้เรียนคลิกเมาส์เข้าสู่รายละเอียดของบทเรียน
2. ออกแบบหน้าจอสำหรับป้อนข้อมูลของผู้เรียน โดยพิมพ์ ชื่อ-นามสกุล รหัสนักศึกษา และ e-mail address ลงในช่องว่างที่กำหนด เพื่อตรวจสอบผลการเรียนรู้ของผู้เรียน
3. ออกแบบกรอบหน้าจอให้ผู้เรียนทราบรายละเอียดวิชา และแนะนำการใช้บทเรียน
4. ออกแบบหน้าจอหัวข้อแต่ละหัวข้อ รูปแบบบทเรียนจะเป็นแบบเชิงเส้น
5. กรอบเนื้อหาของแต่ละหน่วย เมื่อผู้เรียนเลือกหน่วยแล้วจะเข้าสู่เนื้อหาของหน่วยนั้นๆ รูปแบบภายในบทเรียนจะเป็นแบบเชิงเส้น
6. ในแต่ละกรอบเนื้อหา มีปุ่มกดเพื่อย้อนกลับไปเรียนกรอบเนื้อหาที่ผ่านมาแล้วได้ และมีปุ่มเพื่อให้เรียนเนื้อหาต่อไป
7. ออกแบบกรอบแบบฝึกหัดในแต่ละบทเรียนเป็นแบบฝึกหัดปรนัย 4 ตัวเลือก
8. ออกแบบกรอบเนื้อหาตอนจบบทเรียน

9. การนำเสนอเนื้อหาที่มีรูปภาพประกอบชัดเจน เพื่อให้นักศึกษาได้เข้าใจเนื้อหาวิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ง่ายขึ้น

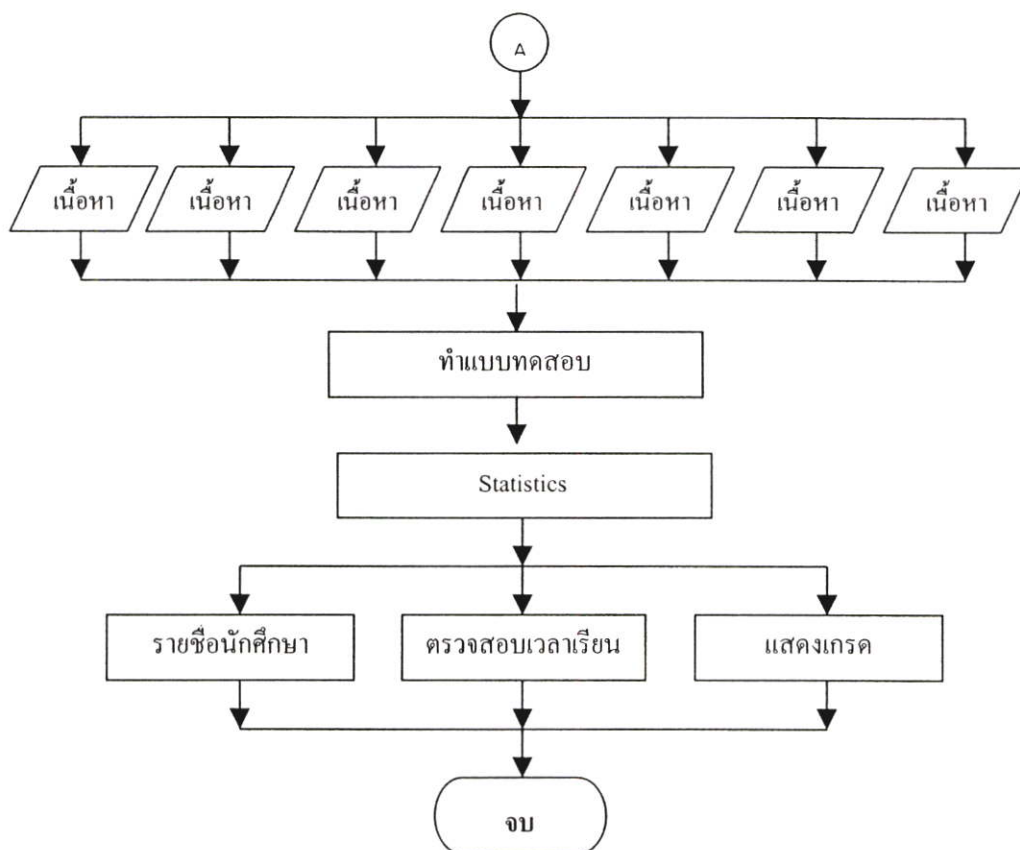
10. นำเนื้อหาที่ได้เขียนกรอบเนื้อหาแล้วเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะดำเนินการสร้างบทเรียน

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการเขียนผังงาน (flowchart lesson)

บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ สามารถนำมาเขียนเป็นผังงานของบทเรียน ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างการใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์



ภาพที่ 3.1 โครงสร้างการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการสร้างสตอรี่บอร์ด (create storyboard)

การสร้างสตอรี่บอร์ดของบทเรียน เรื่องราวของบทเรียนที่ประกอบด้วยเนื้อหาที่แบ่งเป็นเฟรมๆ ตามวัตถุประสงค์และรูปแบบการนำเสนอ โดยร่างเป็นแต่ละเฟรมย่อยเรียงลำดับตั้งแต่เฟรมที่ 1 จนถึงเฟรมสุดท้ายของแต่ละหัวข้อย่อย และสตอรี่บอร์ดนี้ยังระบุภาพที่ใช้ในแต่ละเฟรมพร้อมเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะภาพ ความสัมพันธ์ของเฟรมเนื้อหากับเฟรมอื่นๆ ของบทเรียน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการสร้าง/เขียนโปรแกรม (program lesson)

ในการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับดังนี้

1. จัดหาภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และ โปรแกรมที่สนับสนุน รวมทั้งทางด้านตกแต่งกราฟฟิคให้พร้อมที่จะนำมาใช้ในการสร้างบทเรียน
2. สร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ โดยใช้โปรแกรมต่างๆ ที่จำเป็นในการสร้างบทเรียน ดังนี้

2.1 โปรแกรม Macromedia dreamweaver ในการสร้างบทเรียน

2.2 โปรแกรม Adobe PhotoShop สำหรับตกแต่งภาพ

2.3 โปรแกรม Flash 5 สำหรับสร้างภาพเคลื่อนไหว

2.4 ระบบการจัดการอีเลิร์นนิ่ง ClassNet ซึ่งประกอบด้วย Learning Management

System , Net Teacher System , Learning System สำหรับทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ

2.5 โปรแกรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบบทเรียน (produce supporting materials)

ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือเพื่อแนะนำการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ตลอดจนข้อจำกัดทางเทคนิคเพื่อช่วยชี้แนะในการเรียนรู้ และการเข้าสู่บทเรียน (รายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก จ หน้า 172)

ขั้นตอนที่ 7 ขั้นตอนการประเมินและแก้ไขบทเรียน (evaluate and revise)

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ใช้สำหรับแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ เป็นแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อหาคุณภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (rating scale) แบ่งเป็นแบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ ดังนี้ (Best. 1970 : 179-187)

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

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

เกณฑ์การประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอน จัดระดับค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ คือ

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

การประเมินและแก้ไขบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง มีลำดับดังนี้

1. นำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ที่สร้างเสร็จแล้ว ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ โดยผู้ทรงคุณวุฒิประกอบด้วย

1.1 ผู้ทรงคุณวุฒิประเภทเนื้อหา พิจารณาจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1.1.1 รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.1.2 นายรัฐพล จินะวงศ์ อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1.1.3 นายวิชา เวทริงสิการ อาจารย์ประจำแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ตามรายการประเมิน 14 รายการ จำนวน 7 หน่วยเรียน มีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.65 ความหมายอยู่ในระดับดีมาก และพบว่าค่าเฉลี่ยในการประเมินคุณภาพบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เป็นดังนี้

หน่วยที่ 1 ได้ค่าเฉลี่ย 4.65 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 2 ได้ค่าเฉลี่ย 4.62 อยู่ในระดับดีมาก

หน่วยที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ย 4.74 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 4 ได้ค่าเฉลี่ย 4.57 อยู่ในระดับดีมาก

หน่วยที่ 5 ได้ค่าเฉลี่ย 4.62 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 6 ได้ค่าเฉลี่ย 4.69 อยู่ในระดับดีมาก

หน่วยที่ 7 ได้ค่าเฉลี่ย 4.69 อยู่ในระดับดีมาก (ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-10 หน้า

146) ถือได้ว่าเนื้อหาที่นำมาสร้างแบบทดสอบและบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ถูกต้องตรงตามเนื้อหาวิชา มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

1.2 ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ พิจารณาจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1.2.1 ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.2.2 ดร.พรรณราย เทียมทัน คณบดีคณะครุศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีและสื่อสาร การศึกษา สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์

1.2.3 นางอุบลวรรณ สุทธิวัฒนะ หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน วิทยาลัยเทคนิค จันทบุรี

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน ตามรายการประเมิน 11 รายการ จำนวน 7 หน่วยเรียน มีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.60 ความหมายอยู่ในระดับดีมาก และพบว่าค่าเฉลี่ยในการประเมินคุณภาพบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เป็นดังนี้

หน่วยที่ 1 ได้ค่าเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 2 ได้ค่าเฉลี่ย 4.58 อยู่ในระดับดีมาก

หน่วยที่ 3 ได้ค่าเฉลี่ย 4.49 อยู่ในระดับดี หน่วยที่ 4 ได้ค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก

หน่วยที่ 5 ได้ค่าเฉลี่ย 4.61 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 6 ได้ค่าเฉลี่ย 4.61 อยู่ในระดับดีมาก หน่วยที่ 7 ได้ค่าเฉลี่ย 4.67 อยู่ในระดับดีมาก (ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-12 หน้า 147) แสดงว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

2. ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ ดังนี้

1. ภาพที่ 1-2 ควรเพิ่มภาพเคลื่อนไหว แสดงความยาวคลื่น และมีคำอธิบายตรงภาพ ความยาวคลื่น 1λ

2. ภาพที่ 1-7 ควรใช้คำเดียวกัน “สถานีถ่ายทอดสัญญาณ” หรือ “ทรานสเลเตอร์”

3. ภาพที่ 1-12 ภาพบางภาพที่เข้าใจยากต้องเพิ่มภาพเคลื่อนไหวและคำอธิบาย

4. ภาพที่ 1-14 น่าจะแสดงลำแสงตกกระทบ สะท้อนกลับและหักเหต่อเนื่องกัน

5. ภาพที่ 2-4 ควรมีคำอธิบายรูปใต้ภาพ ก ข ค ด้วย

6. ภาพและคำบรรยายควรอยู่ใกล้กัน

7. ภาพลิ่งค์สูตร หัวข้อ 3.1.4 ไม่ชัดเจน ควรให้ความหมายของตัวแปรในสูตรด้วย

8. เพิ่มสูตรคำนวณค่าความสูญเสียสายโคแอกเซียลด้วย

9. ควรมีชื่อหน่วยบอกทุกหน้า

3. นำบทเรียนอีเลิร์นนิ่งไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ที่ไม่เคยเรียนเนื้อหาในรายวิชานี้มาก่อน จำนวน 3 คน เพื่อหาข้อบกพร่องของบทเรียน ด้วยการตอบแบบสอบถามความคิดเห็น จากนั้นนำผลที่ได้มาแก้ไขปรับปรุงบทเรียนเพื่อใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

ผลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ ของการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ครั้งที่ 1 พบว่ามีข้อบกพร่องดังนี้

1. ข้อความบางตอนพิมพ์ผิด ซึ่งนักศึกษาได้เขียนบอกคำที่พิมพ์ผิด โดยบอกด้วยว่าอยู่ในบทเรียนไหนเพื่อสะดวกในการแก้ไข

2. คำอธิบายบางภาพค่อนข้างยาวและอธิบายวนหลายครั้ง

3. ภาพบางภาพควรมีคำอธิบายมากกว่านี้

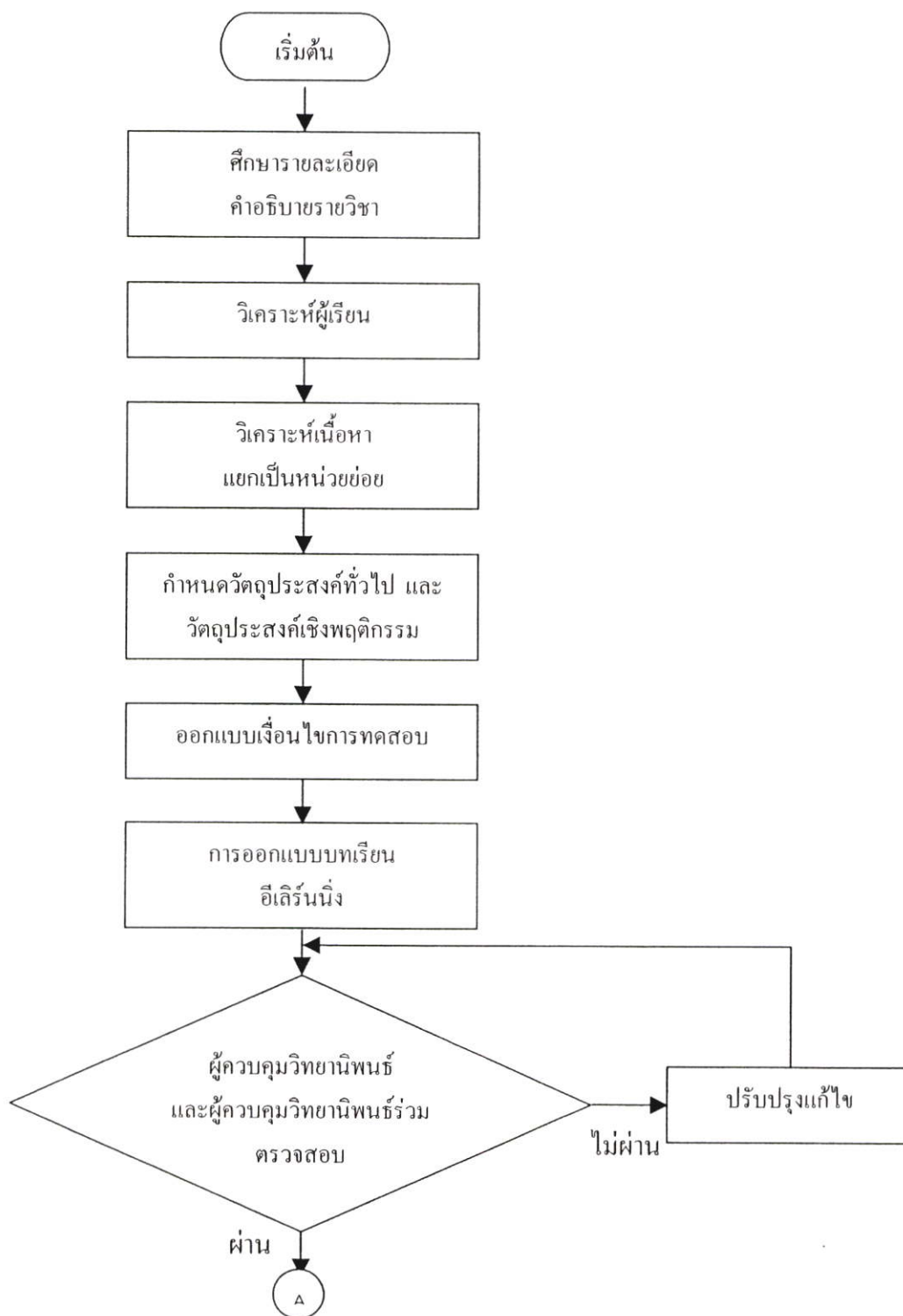
4. บางหัวข้อไม่มีตัวอย่างการคำนวณ

4. นำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ที่ได้ปรับปรุงแล้วในครั้งที่ 1 ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนอีกจำนวน 6 คน ด้วยการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นและวัดผลการเรียนรู้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ นำผลที่ได้มาแก้ไขปรับปรุงบทเรียนอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

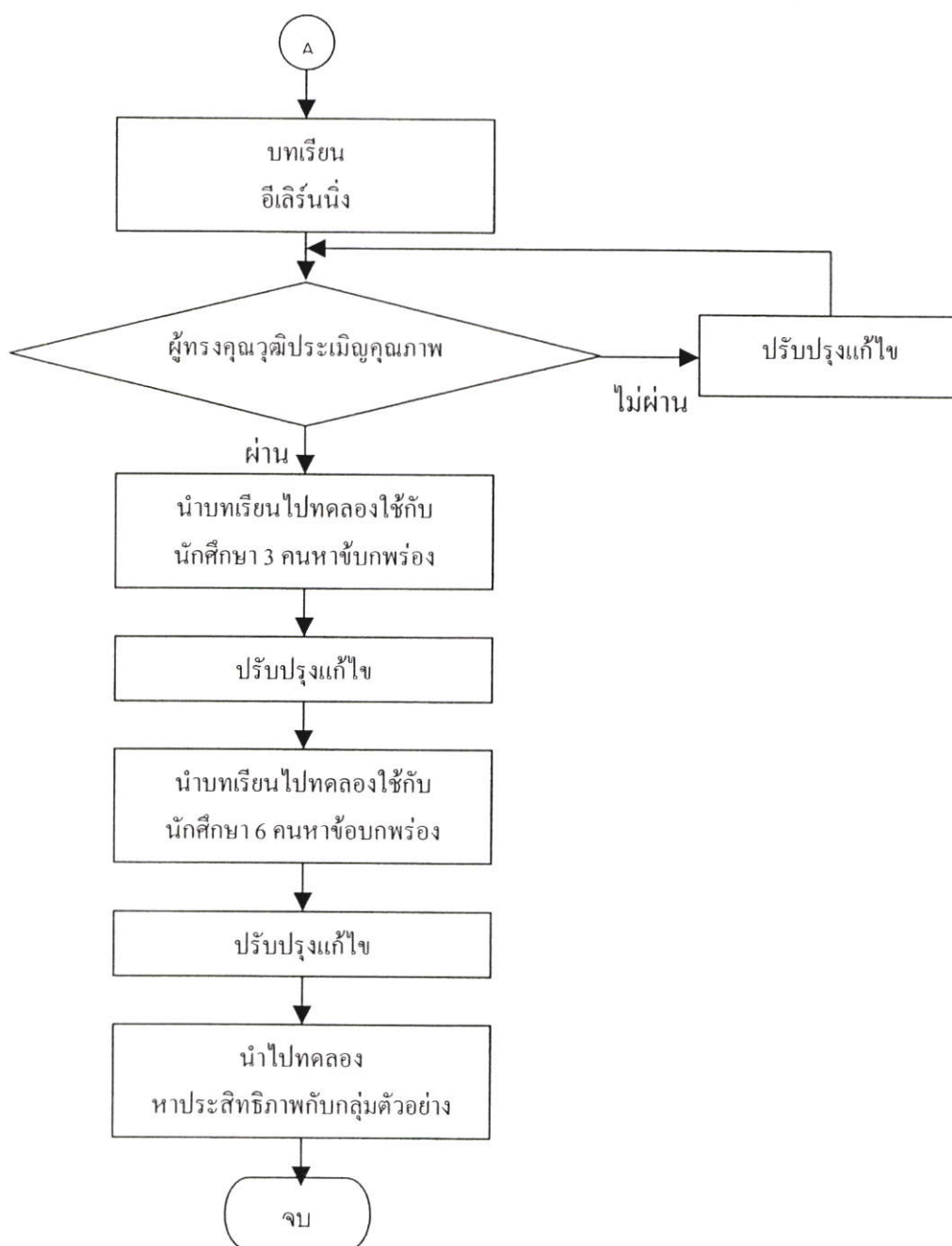
ผลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ ของการใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ครั้งที่ 2 พบว่า ข้อความบางตอนของบทเรียนไม่ชัดเจน กำกวม ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ยาก ผู้วิจัยได้จัดบันทึกผลและนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อทดลองหาผลสัมฤทธิ์กับกลุ่มตัวอย่าง

ผลจากการเรียนบทเรียน นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนระหว่างเรียน คะแนนรวม 6 คน ได้ 710 คะแนน จากคะแนนเต็ม 140 คะแนน/1 คน คิดเป็นร้อยละ 84.52 และทำแบบทดสอบ หลังเรียนครบทุกบทเรียน คะแนนรวม 6 คน ได้ 499 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 100 คะแนน /1 คน คิดเป็นร้อยละ 83.67 ซึ่งเป็นผลการทดลองเบื้องต้นที่ดี เพื่อพร้อมที่จะนำไปดำเนินการ ทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจริงต่อไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตาราง ง-20 หน้า 171)

จากขั้นตอนการสร้างหน่วยเรียนอีเลิร์นนิ่ง ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการสร้างหน่วยเรียนออกมา ดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์

3.3.3 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลังจากเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี จำนวน 30 คน เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ซึ่งได้ดำเนินการสร้างตามลำดับ ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากเอกสารต่างๆ เกี่ยวกับขั้นตอนการสร้าง วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นทำการวิเคราะห์หลักสูตรและกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้ตารางวิเคราะห์การออกข้อสอบทดสอบระดับปริ้นท์ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก โดยมีคำตอบถูกต้องเพียงคำตอบเดียว และคำตอบลวง 3 คำตอบ ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ ตรงตามเนื้อหา ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละข้อคือ ข้อที่ตอบถูกให้คะแนนเป็น 1 และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ ตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้คะแนนเป็น 0

3. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปหาคุณภาพ ดังนี้

3.1 ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นรายข้อ โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน พิจารณา

3.1.1 รศ.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.1.2 นายรัฐพล จินะวงษ์ อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3.1.3 นายวิชา เวทริงสิการ อาจารย์ประจำแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

3.1.4 นายสมพร ผลประพุดติ หัวหน้าคณะช่างไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์และหัวหน้างานวิทยบริการ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

3.1.5 นายชิงชัย วรรณรักษ์ อาจารย์ประจำแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย

อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน +1 สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

นำผลการพิจารณาแต่ละข้อของอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้สูตร (พวงรัตน์ มณีรัตน์. 2540 : 117) ดังนี้

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิทางเนื้อหาวิชา

ผลการหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (IOC) โดยนำแบบทดสอบทั้งหมด 162 ข้อ เสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยถ้าข้อใดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์กำหนดให้คะแนนเท่ากับ +1 ถ้าไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์กำหนดให้คะแนนเท่ากับ -1 และถ้าไม่แน่ใจให้คะแนนเท่ากับ 0 ซึ่งจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน มีแบบทดสอบข้อที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ จำนวน 8 ข้อ คือข้อ 4,17,24,37,123,124,131 และข้อ 140 นำแบบทดสอบทั้ง 8 ข้อ ที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ไปทำการแก้ไขข้อบกพร่อง จากนั้นจึงเลือกข้อสอบที่ผ่านการประเมิน มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปนำไปใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 100 ข้อ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-13 หน้า 148)

3.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ข้อที่ผ่านการประเมินมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 0.5 เป็นข้อสอบที่ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 61)

3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการประเมินแล้วไปทดลองใช้ (try out) กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 ที่เคยลงทะเบียนเรียน วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มาแล้ว ของวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรีจำนวน 30 คน เพื่อนำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และแบบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมารวมคะแนน เรียงจากคนที่ได้คะแนนสูงสุดไปหาคนที่ได้คะแนนต่ำสุด

3.5 คัดเลือกเอาคะแนนต่ำสุดขึ้นมา 50 % ของจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดซึ่งจัดว่าเป็นกลุ่มต่ำ และคัดเลือกเอาคะแนนสูงสุดลงมา 50 % ของจำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมดซึ่งจัดว่าเป็นกลุ่มสูง

3.6 หาความถี่ของของคนตอบถูกในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำเป็นรายข้อ และมาวิเคราะห์หาความยากง่าย (difficulty) ของแบบทดสอบ เพื่อเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 โดยใช้สูตร (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237) ดังนี้

$$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$$

$$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$$

- เมื่อ p คือ ดัชนีความยากของแบบทดสอบ
 r คือ ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
 f_H คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
 f_L คือ จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N_H คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มสูง
 N_L คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

ขอบเขตของค่า p และความหมาย

- 0.80 – 1.00 เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
 0.60 – 0.80 เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย(ใช้ได้)
 0.40 – 0.60 เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ(ใช้ได้ดี)
 0.20 – 0.40 เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)
 0.00 – 0.20 เป็นข้อสอบที่ยากมาก

3.7 หากค่าอำนาจจำแนก (r) คัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ แล้วปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมในบางรายข้อ เพื่อให้สอดคล้องตามวัตถุประสงค์โดยใช้สูตร (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237) ดังนี้

เกณฑ์ขอบเขตของค่า r และความหมาย

- | | | |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.40 ขึ้นไป | อำนาจจำแนกสูง | คุณภาพข้อสอบ ดีมาก |
| 0.30-0.39 | อำนาจจำแนกปานกลาง | คุณภาพข้อสอบ ดี |
| 0.20-0.29 | อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ | คุณภาพข้อสอบ พอใช้ |
| 0.00-0.19 | อำนาจจำแนกต่ำ | คุณภาพข้อสอบใช้ไม่ได้ |

ดังนั้นค่าอำนาจจำแนกที่ยอมรับคือ ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ผลการหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 ที่เคยผ่านการเรียนวิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มาแล้ว จำนวน 30 คน ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-14 หน้า 154) ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-15 หน้า 158)

3.8 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร การคำนวณ KR-20 ของ Kuder-Richardson (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 142) ดังนี้

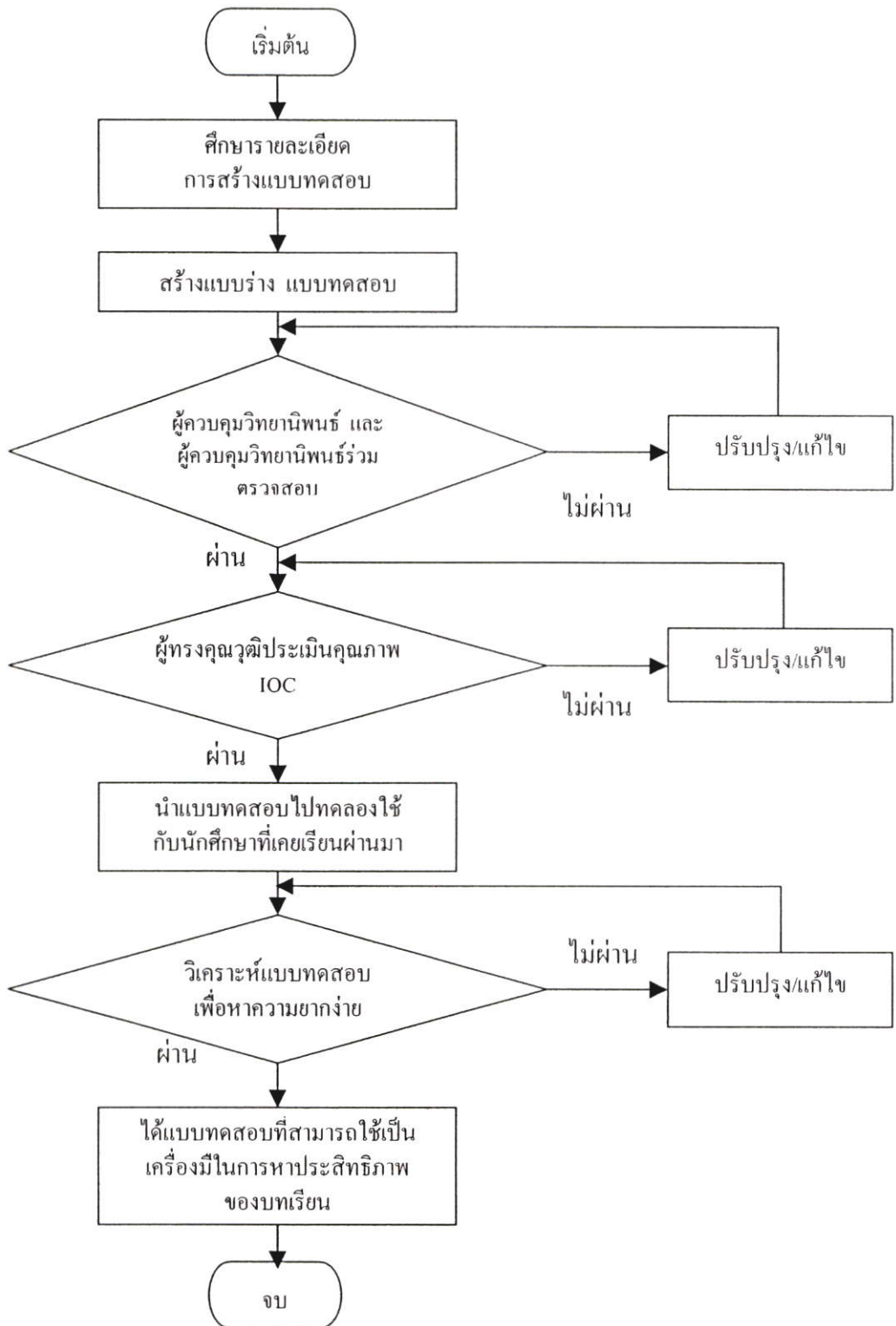
$$r_{tt} = \frac{K}{(K-1)} \left\{ \frac{1 - \sum pq}{S_t^2} \right\}$$

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

- เมื่อ r_{tt} คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 K คือ จำนวนข้อสอบทั้งหมด
 P คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q คือ สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ ($1-p$)
 S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด
 n คือ จำนวนผู้เข้าสอบ
 $\sum X$ คือ คะแนนของผู้เข้าสอบ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่า 0.7 – 1.0 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง ถ้ามีค่าความเชื่อมั่น 0.3 – 0.7 แสดงว่าแบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง ถ้ามีค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่า 0.3 แสดงว่ามีความเชื่อมั่นต่ำ ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่า 0.88 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-17 หน้า 164)

จากขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกมา ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล

การดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 ผู้วิจัยได้นำหนังสือขอความร่วมมือในการทำวิจัย จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมไปยังผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี เพื่อขออนุญาตและประสานงานในการทำวิจัยในสาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์

3.4.2 นำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ที่ได้รับการพัฒนาแล้วมาทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียน อีเลิร์นนิ่ง โดยกำหนดเป็นขั้นตอนซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.2.1 ปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเริ่มการสอน โดยได้แจกคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ผู้สอนได้ชี้แจงวัตถุประสงค์การสอนและวิธีการเรียนด้วยชุดการสอนให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ

3.4.2.2 ทดสอบก่อนเรียน หลังจากปฐมนิเทศกลุ่มตัวอย่างแล้ว ผู้สอนให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อเก็บข้อมูลความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างไว้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน

3.4.2.3 สอนด้วยบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยกลุ่มตัวอย่างจะต้องเข้าไปศึกษาบทเรียนผ่านระบบอีเลิร์นนิ่งของวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี โดยกำหนดวันและเวลาที่ใช้ในการศึกษาในแต่ละหน่วยเมื่อจบการเรียนในแต่ละหน่วยแล้วให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด และจะนัดมาทดสอบความก้าวหน้าระหว่างการเรียนโดยให้กลุ่มตัวอย่างมาทดสอบทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วย เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนโดยให้มาเข้าชั้นเรียนปกติ 2 สัปดาห์ต่อ 1 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง ใช้เวลาเข้าพบนักเรียนทั้งสิ้น 10 ครั้ง

3.4.2.4 ทดสอบหลังเรียน เมื่อผู้เรียนผ่านการเรียนการสอนครบทุกหน่วยการเรียนแล้ว โดยนัดให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในชั้นเรียนปกติ นำผลที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว มาคำนวณเพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง

ผู้วิจัยได้นำผลของการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยแยกเป็นคะแนนของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยการเรียนแต่ละหน่วย และคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนครบทุกหน่วยเรียน เพื่อนำมาหาประสิทธิภาพของบทเรียนตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 จากการประเมิน

ผลของคะแนนแบบฝึกหัดในระหว่างเรียน กับคะแนนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลัง เรียนครบทุกหน่วยการเรียนแล้ว โดยใช้สูตร E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521 : 136) ดังนี้

ผู้วิจัยได้นำผลที่ได้จากแบบประเมินสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา และเทคนิคการผลิตสื่อ นำมาใช้สูตรดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F/N}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อยที่คิดเป็นร้อยละ จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน

E_2 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยย่อยที่คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกบทเรียน

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N คือ จำนวนผู้เรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละบทเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทุกบทเรียน

สูตรหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164)

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

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

\sum คือ ผลรวมของคะแนน

X คือ คะแนนแต่ละจำนวน

N คือ จำนวนข้อมูล

สูตรการหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179)

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

เมื่อ	S.D.	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	N-1	คือ	ค่าของขั้นแห่งความเป็นอิสระ
	X	คือ	ค่าคะแนนแต่ละคน
	\bar{X}	คือ	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
	$\sum X$	คือ	ผลรวมของคะแนน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ สำหรับนักเรียนประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียน แสดงคะแนนแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนและคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

คนที่ (จำนวน 30 คน)	คะแนนจากแบบฝึกหัด 7 หน่วยเรียน รวมคะแนนเต็ม 140 คะแนน		คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 100 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	117	83.57	78	78.00
2	116	82.86	81	81.00
3	125	89.29	85	85.00
4	116	82.86	83	83.00
5	123	87.86	92	92.00
6	114	81.43	83	83.00
7	116	82.86	91	91.00
8	108	77.14	77	77.00
9	110	78.57	79	79.00
10	124	88.57	91	91.00
11	114	81.43	80	80.00
12	116	82.86	89	89.00
13	118	84.29	84	84.00
14	128	91.43	81	81.00
15	124	88.57	89	89.00
16	127	90.71	75	75.00
17	119	85.00	93	93.00
18	115	82.14	89	89.00
19	118	84.29	91	91.00
20	125	89.29	87	87.00

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

คนที่ (จำนวน 30 คน)	คะแนนจากแบบฝึกหัด 7 หน่วยเรียน รวมคะแนนเต็ม 140 คะแนน		คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 100 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
21	114	81.43	90	90.00
22	113	80.71	86	86.00
23	118	84.29	78	78.00
24	112	80.00	88	88.00
25	116	82.86	84	84.00
26	116	82.86	75	75.00
27	122	87.14	82	82.00
28	115	82.14	75	75.00
29	126	90.00	83	83.00
30	120	85.71	82	82.00
รวม	3545	-	2521	
คิดเป็นร้อยละ		84.40		84.03

จากตารางที่ 4.1 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน จำนวน 7 หน่วยเรียน คิดเป็นร้อยละ 84.40 โดยคะแนนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 128 จากคะแนนเต็ม 140 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.43 มีจำนวน 1 คน และคะแนนต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่างคือ 108 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 77.14 มีจำนวน 1 คน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-19 หน้า 169)

ส่วนผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 7 หน่วยเรียน ปรากฏว่ามีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 84.03 โดยคะแนนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่างคือ 93 คะแนน จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 93.00 มีจำนวน 1 คน และคะแนนต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 75 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.00 มีจำนวน 3 คน (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-19 หน้า 169)

ผลจากคะแนนรวมนำมาคิดเป็นค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ในตารางที่ 4.1 ปรากฏว่าคะแนนแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าร้อยละ 84.40 และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าร้อยละ 84.03 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 แสดงว่าคะแนนแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนและคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

การทดลองชั้นทดลองเชิงปฏิบัติการกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 30 คน จากผลการทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนระหว่างการเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนครบทุกหน่วยเรียนแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ($E_1; E_2$) ได้ผลลัพธ์ 84.40:84.03 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

ผลการเรียน	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ค่าร้อยละ
1. แบบฝึกหัดท้ายหน่วยระหว่างเรียน (E_1)	30	140	118.17	84.40
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน(E_2)	30	100	84.03	84.03

จากตารางที่ 4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง จากคะแนนแบบฝึกหัดท้ายหน่วยระหว่างเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ($E_1; E_2$) ผลปรากฏดังนี้ คะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยระหว่างเรียนของผู้เรียน ที่เรียนด้วยบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เท่ากับ 118.17 คะแนน คิดเป็นร้อยละได้เท่ากับ 84.40 และคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของผู้เรียน ที่เรียนด้วยบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง เท่ากับ 84.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ ได้เท่ากับ 84.03 จากผลการทดสอบแสดงว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด (ดูรายละเอียดภาคผนวก ง ตาราง ง-19 หน้า 169)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Reseach and Development) โดยมุ่งศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางการศึกษา เพื่อนำเสนอเป็นแนวทางเลือกหนึ่งของการเรียนการสอนในรูปแบบใหม่ที่มีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีส่วนในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ และในสาขาวิชาหรือหลักสูตรอื่นๆ ที่มีรายละเอียดเนื้อหาวิชาที่คล้ายคลึงกัน ผู้วิจัยขอสรุปการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การสรุปผลงานวิจัย ผู้วิจัยขอเสนอการสรุปผลการวิจัยตามหัวข้อดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546

5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3.1. ประชากร คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

5.1.3.2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ที่กำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2548 ที่ไม่เคยเรียนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ (รหัสวิชา 2104-2210) มาก่อน จำนวน 30 คนซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ และแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

5.1.4.1 บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ เป็นบทเรียนที่มีความยาวของเนื้อหา ทั้งหมด 20 สัปดาห์ จำนวน ทฤษฎี 26 คาบ คาบละ 60 นาที ส่วนภายในเนื้อหาแบ่งออกเป็นหน่วยๆ เพื่อความสะดวกของนักเรียน รวมทั้งหมด 7 หน่วย โดยการประเมินเพื่อหาคุณภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

5.1.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีทั้งหมด 100 ข้อ โดยสร้างให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ ใช้เป็นแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ให้คำตอบได้เพียงคำตอบเดียว โดยนำไปทดลองใช้กับผู้ที่เคยผ่านการเรียนในวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มาแล้วจำนวน 30 คน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้มีความตรงตามเนื้อหา (IOC) อยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 โดยข้อคำถามทั้งหมดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.876

5.1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยตามขั้นตอน ต่อไปนี้

5.1.5.1 คิดต่องานบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขออนุญาตทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย หนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย หนังสือเชิญผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง หน้าที่ 133)

5.1.5.2 นำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง มาดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพ ($E_1; E_2$) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยได้ปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเริ่มการสอน โดยได้แจกคู่มือการใช้โปรแกรมบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ผู้สอนได้ชี้แจงวัตถุประสงค์การสอนและวิธีการเรียนด้วยบทเรียนอีเลิร์นนิ่งให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทราบ

2. ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบก่อนเรียน เพื่อเก็บข้อมูลความรู้ก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างไว้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทดสอบหลังเรียน

3. ให้ผู้เรียนเข้าสู่บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง โดยจะต้องเข้าไปศึกษาบทเรียนผ่านระบบอีเลิร์นนิ่งของวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี โดยกำหนดวันและเวลาที่ใช้ในการศึกษาในแต่ละหน่วย เมื่อจบการเรียนในแต่ละหน่วยแล้วให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด และนัดมาทดสอบความก้าวหน้าระหว่าง

การเรียนรู้โดยมาทดสอบทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วย เพื่อประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนในชั้นเรียนปกติ 2 สัปดาห์/1 ครั้ง ครั้งละ 2 ชั่วโมง

4. เก็บคะแนน E_1/E_2 โดยวิธีการทำแบบฝึกหัดท้ายหน่วยระหว่างเรียน E_1 (คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ) และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน E_2 (คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนคิดเป็นร้อยละ)

5. นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5.1.5.3 หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์นี้ ได้ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.40 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ได้เท่ากับ 84.03 ซึ่งได้ประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตาราง ง-19 หน้า 169)

5.1.6 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยตามขั้นตอน ต่อไปนี้

1. หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์หาค่าดังนี้

1.1 หากความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ซึ่งข้อคำถามทั้งหมดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-13 หน้า 148)

1.2 ความยากง่าย (p) ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-14 หน้า 154)

1.3 อำนาจจำแนก (r) ได้ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.80 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-15 หน้า 158)

1.4 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (r_{tt}) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.88 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตารางที่ ง-16-ง-17 หน้า 162-164)

2. หาคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์จากแบบประเมินสื่อของผู้ทรงคุณวุฒิ

2.1 แบบประเมินความคิดเห็นด้านเนื้อหา ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.65 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

2.2 แบบประเมินความคิดเห็นด้านเทคนิคการผลิตสื่อผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินคุณภาพของสื่อการเรียนการสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.60 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์นี้ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้ และผลการวิเคราะห์แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและ ด้านสื่อการเรียนการสอนปรากฏผลดังนี้

ผลระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านเนื้อหา วิเคราะห์ตามรายการประเมิน 14 รายการ มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 12 รายการ และมีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี 2 รายการ

ผลระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านเนื้อหา วิเคราะห์ตามรายการสอนแต่ละบทเรียน มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดีมากทั้งหมด 7 หน่วยเรียน

ผลระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านสื่อการสอน วิเคราะห์ตามรายการประเมิน 11 รายการ มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 5 รายการ และมีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี 6 รายการ

ผลระดับคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านสื่อการสอน วิเคราะห์ตามรายการสอนแต่ละบทเรียน มีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดีมาก 6 หน่วยเรียน และมีเกณฑ์คุณภาพอยู่ในระดับดี 1 หน่วยเรียน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตาราง ง-9 ถึง ตาราง ง-12 หน้าที่ 146-147)

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง (E_1/E_2) ได้ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 84.40 และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 84.03 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ง ตาราง ง-19 หน้า 169)

จากผลการวิจัยในครั้งนี้สรุปได้ว่า

บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.40/84.03 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการนำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2546 ให้นักเรียนทดลองใช้แบบหนึ่งต่อหนึ่ง และแบบกลุ่มย่อย จากการทำแบบสอบถามความคิดเห็น ผลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน พอสรุปได้ดังนี้คือ ข้อความบางตอนพิมพ์ผิด คำอธิบายบางภาพค่อนข้างยาวและอธิบายวนหลายครั้ง ภาพบางภาพควรมีคำอธิบายมากขึ้น บางหัวข้อไม่มีตัวอย่างการคำนวณ และ บางตอนของเนื้อหาบทเรียนมากเกินไปผู้เรียนต้องการให้สรุปให้กระชับกว่านี้ ข้อความบางตอนของบทเรียนไม่ชัดเจน กำกวม ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ยาก จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขดังนี้คือ แก้ข้อความที่พิมพ์ผิด ตัดคำอธิบายที่ยาวและวนไปวนมาออก เพิ่มคำบรรยายใต้ภาพเพื่อให้เข้าใจมากขึ้น ใส่ตัวอย่างการคำนวณเพื่อให้เข้าใจวิธีการคำนวณ อธิบายเนื้อหาให้สั้นกระชับขึ้น แก้ไขข้อความให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น หลังจากผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขปัญหาประเด็นต่างๆ ดังกล่าวแล้ว จากนั้นนำบทเรียนไปหาประสิทธิภาพ และนำไปทดลองกับกลับตัวอย่าง ซึ่งได้ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ผลการวิจัยค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2546 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.40/84.03

ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ซึ่งในการสร้างบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ได้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้งสองด้าน คือด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ผ่านการทดลองใช้กับนักเรียน แบบหนึ่งต่อหนึ่ง และแบบกลุ่มย่อย ซึ่งทุกขั้นตอนจะนำข้อบกพร่องมาแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัชชัย จิตต์สนธิ (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชา ไมโครโปรเซสเซอร์ 1 สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ” มีประสิทธิภาพ 84.52/82.27 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 และ สรศักดิ์ คุณเจตน์ (2546 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาบทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตเรื่องระบบเครือข่ายท้องถิ่น สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผลการวิจัยพบว่า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.78/80.58 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80

ดังนั้นบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในหลักสูตรหรือรายวิชาอื่นที่มีรายละเอียดเนื้อหาคล้ายคลึงกัน ตลอดจนผู้ที่สนใจในวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิจัยค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบสำคัญหลายประการ ดังต่อไปนี้

1. บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มีความน่าสนใจสำหรับการเรียนเนื่องจากบทเรียนผ่านการพัฒนาอย่างมีระบบ ลักษณะของการสร้างเนื้อหาได้นำหลักการพื้นฐานทางจิตวิทยาของกลุ่มพฤติกรรมนิยม คือ ทฤษฎีการเรียนรู้มาช่วยเสริมสร้างให้บทเรียนมีความน่าสนใจมากขึ้น ผู้เรียนจึงมีความพอใจกับวิธีการเรียนที่แตกต่างไปจากสภาพห้องเรียน สามารถเข้าเรียนได้ด้วยตัวเองตามความสะดวก ที่บ้านหรือที่อื่นๆ สามารถใช้คอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่กำหนดและจำกัดเวลา มีการสร้างจินตนาการได้ดีเนื่องจากมี การนำสี และภาพกราฟิก มาประกอบบทเรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในความแปลกใหม่ของตัวบทเรียน (ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541 : 7)

2. รูปแบบของการเรียนที่เป็นอิสระ ผู้เรียนสามารถย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาเดิมได้ หรือทำความเข้าใจกับเนื้อหานั้น ได้นานเท่าที่ต้องการ มีแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบทดสอบหลังจากได้ศึกษาบทเรียนนั้นจบแล้ว เพื่อจะวัดว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนผ่านมาแล้วเพียงใด (บุญเกื้อ ควรรหาเวช. 2542 : 70) การทำแบบฝึกหัดเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเองเกิดความรู้ความจำ ความเข้าใจและความชำนาญมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้น และสื่อการสอนชนิดนี้สามารถตอบสนองความต้องการในการเรียนแบบใหม่สามารถเลือกเรียน

เวลาได้ก็ได้ โดยสามารถนำมาสอนเสริมในการสอนด้วยวิธีสอนแบบปกติที่ได้อยู่แล้วของวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ให้มีประสิทธิภาพการเรียนการสอนดียิ่งขึ้น

3. ความสะดวกในการศึกษาเนื้อหาของบทเรียนทำได้ง่าย เนื่องจากการเรียนการสอนแบบอีเลิร์นนิ่ง ผ่านเว็บโดยอาศัยศักยภาพและความสามารถของอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นการสื่อสารที่มีเทคโนโลยีสูงสุดในขณะนี้ให้มาช่วยเอื้ออำนวย และเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอน ให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย เชื่อมโยงเครือข่ายที่สามารถเรียนได้ทุกสถานที่และทุกเวลา (วรภรณ์ ตระกูลสถิตย์. 2542 : 18)

4. ผลการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพ บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีค่าคะแนนเฉลี่ยที่ 4.65 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และด้านสื่อการสอนมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.60 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นซึ่งประกอบด้วย เนื้อหาครบหลักสูตร แบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียนทุกหน่วย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการหาประสิทธิภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ มีค่าเป็นตามเกณฑ์ที่กำหนด

5. ผลของแบบฝึกหัดท้ายหน่วยเรียน มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ โดยแต่ละหน่วยเรียนมีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละไม่เท่ากันดังนี้ หน่วยเรียนที่ 3 เรื่อง เครื่องส่งวิทยุระบบ AM มีค่าคะแนนสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 88.00 ส่วนบทเรียนที่ 4 เรื่อง เครื่องส่งวิทยุระบบ FM มีค่าคะแนนต่ำสุดคิดเป็นร้อยละ 80.67 เนื่องจาก

5.1 เนื้อหาที่มีความยากง่ายแตกต่างกัน ในบทที่ได้คะแนนสูงสุดเนื้อหาส่วนมากเป็นความรู้ความจำ มีความซับซ้อนทางเนื้อหาน้อย

5.2 ความเข้าใจที่แตกต่างกัน ในบทที่ได้คะแนนสูงสุด การออกแบบกราฟฟิกจะง่ายไม่ซับซ้อน ทำให้การเรียนรู้เข้าใจง่ายขึ้น

5.3 ปริมาณเนื้อหาของแต่ละบทเรียนไม่เท่ากัน หน่วยเรียนที่มีเนื้อหาต้องทำความเข้าใจน้อย คะแนนจะสูง ส่วนหน่วยเรียนที่มีเนื้อหาซับซ้อนต้องทำความเข้าใจมากคะแนนจะต่ำสุด และการสร้างกราฟฟิกในหน่วยเรียนมีเนื้อหาซับซ้อนทำได้ยากด้วย

ดังนั้นบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในหลักสูตรหรือรายวิชาอื่นที่มีรายละเอียดเนื้อหาคล้ายคลึงกัน ตลอดจนถึงผู้สนใจในวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยการพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น สามารถนำมาใช้ประกอบการสอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ใช้กับนักเรียนวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี และสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนในหลักสูตร หรือรายวิชาอื่น ๆ ที่มีลักษณะของเนื้อหาวิชาที่คล้ายคลึงกัน

2. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น สามารถนำมาใช้ประกอบการสอน วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ใช้กับนักเรียนในสถาบันการศึกษาของรัฐ โดยผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเข้าไปที่ <http://203.172.175.6> ซึ่งจะเข้าไปที่ ระบบการจัดการ Class net หรือ <http://www.technicchan.ac.th/> แล้วเลือก e-Learning เข้าสู่ระบบการจัดการ Class net

3. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับนักเรียนสถาบันเอกชนหรือบุคคลทั่วไปที่สนใจ โดยเข้าไปที่ <http://203.172.175.6> ซึ่งจะเข้าไปที่ ระบบการจัดการ Class net หรือ <http://www.technicchan.ac.th/> แล้วเลือก e-Learning เข้าสู่ระบบการจัดการ Class net แล้วเลือก schedule คู่มือเรียนที่สนใจ

4. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นผู้เรียนสามารถเรียนรู้และค้นคว้าทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง การเรียนจะเรียน ณ เวลาและสถานที่ใดก็ได้ได้ตามความพอใจของผู้เรียน

5. บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นวิธีการสอนเสริมเพิ่มเติมจากวิธีการสอนแบบเดิม เพื่อเป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนการสอน เป็นทางเลือกของนักเรียนที่สามารถศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่จำกัดเวลาและสถานที่ และอาจารย์สามารถมอบหมายงานและตรวจสอบงานและสนทนาผ่านระบบได้

2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาการสร้างบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์นำเสนอภาพเคลื่อนไหวเป็นภาพแบบ 3 มิติ ประกอบเสียงบรรยาย และพัฒนาเป็นสื่อแบบตอบสนองต่อผู้เรียนได้ (Interactive) เพื่อให้สื่อการสอนสามารถใช้ในการเรียนรู้ได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น แต่การสร้างสื่อการสอนในลักษณะนี้ต้องใช้เวลาในการสร้างมาก และต้องใช้ผู้มีความรู้เฉพาะในด้านโปรแกรมทางด้านการสร้างภาพ 3 มิติ จึงควรมีการวิเคราะห์บทเรียนที่มีเนื้อหาเหมาะสมเพื่อเลือกสร้างเฉพาะในบางบทเรียนซึ่งจะเป็นสื่อที่ช่วยเพิ่มความสนใจให้ผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้น และส่งผลให้บทเรียนมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

2. ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบผลของการเรียนรู้ของ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนโดยใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง สอนเปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่เรียนแบบบรรยายปกติ หรือวิธีการเรียนการสอนแบบอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ของวิธีการเรียนการสอนแบบต่างๆ เพื่อวิเคราะห์หาวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่สุด

3. ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบความพึงพอใจ และเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนแบบอีเลิร์นนิ่ง และการเรียนการสอนแบบปกติ

4. ควรมีการวิจัยเรื่องการนำความรู้ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ไปใช้ในการประกอบอาชีพของนักศึกษาหลังจากสำเร็จการศึกษาแล้ว เพื่อให้ทราบถึงผลของการนำความรู้ของ วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศไปใช้งาน และทราบว่าความรู้ที่นักศึกษาได้รับเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปใช้ประกอบอาชีพหรือไม่ และความรู้ในส่วนใดยังไม่สมบูรณ์ เพื่อนำมาปรับปรุงบทเรียน วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. 2540. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- โครงการการเรียนรู้แบบออนไลน์แห่ง สวทช.2545. ทำความรู้จักกับ E-learning กันเถอะ. [Online]. Available: <http://www.thai2learn.com>.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2543. ระบบการเรียนทางไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (E-Learning). [Online]. Available : <http://www.thaicai.com>.
- ดวงใจ กาญจนปัญญา.2541. ทฤษฎีสายส่งและสายอากาศ. กรุงเทพมหานคร : บริษัท สำนักพิมพ์ เอ็มพันธ์ จำกัด.
- ถนอมพร เลาหจรัสแสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
- ถนอมพร (ต้นพิพัฒน์) เลาหจรัสแสง. 2545. หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.
- ธนวรรธ กิริยะ. 2546. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชา คณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์ เรื่องระบบเลขฐานและการคำนวณเกี่ยวกับระบบเลขฐาน” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์(คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ธวัชชัย จิตต์สนธิ. 2545. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาไมโครโปรเซสเซอร์ 1” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง.
- ธีระชัย ปุณณโชติ. 2533. การสร้างผลงานทางวิชาการ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลวรรณ ทิพย์สุนทนา. 2544. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง พื้นฐานระบบเครือข่ายและการสื่อสารข้อมูล” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวศึกษาและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2535. การวิจัยเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น.
- บุญชม ศรีสะอาด. 2537. การพัฒนาการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สุวีริยาสาส์น.
- บุญเกื้อ ควรหาเวช. 2542. นวัตกรรมการศึกษา. นนทบุรี : หจก. Srprinting.

- บรรจง มะลาไสย. 2547. “การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2545” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหา สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- บุญถึง แน่นหนา. 2518. FM สะเทอริโอมัลติเพล็กซ์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ประทีป อินทรสิทธิ์. 2547. “การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง องค์ประกอบการออกแบบสื่อกราฟิกเพื่อการนำเสนอ” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. (บทคัดย่อ)
- ประพันธ์ พิพัฒน์สุข, วิลาวัลย์ โฉมเฉลา. 2544. ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ AM-FM. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.
- ฝ่ายระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์และการสื่อสารข้อมูล. 2548. เครือข่ายคอมพิวเตอร์วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี. [Online]. Availabl: <http://www.technican.ac.th/index.html>
- พรรณี ลีกิจวัฒน์. 2541. เอกสารประกอบการสอน วิชาสถิติเพื่อการวิจัย เรื่องการสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล การวัดแนวโน้มส่วนกลาง การวัดการกระจาย กรุงเทพฯ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.
- พวงรัตน์ มณีรัตน์. 2540. วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พัลลภ พิริยะสุรวงศ์. 2543. เทคโนโลยีกับการปฏิรูปการศึกษา. พัฒนาเทคนิคศึกษา.
- พิศवास ปทุมรัตน์. 2543. ยุทธศาสตร์การเรียนรู้ตลอดชีวิตในศตวรรษที่ 21 : สหราชอาณาจักร. กรุงเทพฯ. สำนักคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์. 2545. ทฤษฎีเครื่องรับวิทยุ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ
- ยีน ภู่วรรณ. 2544. “การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้” หลากหลายวิธีกับการใช้ ICT เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2542. การทำวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ที.พี.พี.พรินท์ จำกัด.
- วราภรณ์ ตระกูลสฤษดิ์. 2542. “การเรียนการสอนที่เปลี่ยนแปลงไปกับเว็ลด์ ไซด์ เว็บบ.” วราสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 27(4) : 18-28.

- วิสันต์ อาชาเดโชพล.2537. สายอากาศและเทคนิคการติดตั้ง. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์.
- วิโรจน์ แก้วจันทร์.ทฤษฎีเครื่องส่งวิทยุ.กรุงเทพมหานคร: สกายบุ๊กส์,2543.
- สรศักดิ์ คุณเจตน์. 2546. “บทเรียนผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องระบบเครือข่ายท้องถิ่น สำหรับนักศึกษาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง”
วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สรรัชต์ ห่อไพศาล. 2544. “นวัตกรรมและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในศตวรรษ
ใหม่ : กรณีการจัดการเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction : WBI).” วารสารศรี
ปทุมปริทัศน์. 1(2) : 93-104.
- สุรชาติ กังวารจิตต์.2532.เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร. กรุงเทพมหานคร:ซีเอ็ดยูเคชั่น
จำกัด.
- สุราษฎร์ พรหมจันทร์. 2530. การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อรรถผล คณะพล. 2546. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องเทคนิค
การบริหารงานแบบ 5 ส.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคโนโลยีศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ บริษัทกราฟแมน
เพรส จำกัด.
- เอนกกุล กริแสง. 2526. จิตวิทยาการศึกษา. พิษณุโลก : วิทยาลัยวิชาการศึกษา.
- เอี่ยมพร รอดอิม. 2547. “การพัฒนาบทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง เทคนิคการจัดอาร์ต
เวิร์ก” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษาทาง
การอาชีวะและเทคโนโลยีศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง.

- Alessi, Stephen M. and Trollip, Stanley, R. 1991. **Computer-Based Instruction.** : Methods and Development. 2e ed. Englewood Cliff, N. J. : Prentice Hall.
- Ambach James, Corrina Perrone and Alexander Pепенning. 1995. "Remote Exploratoriums : Combining Networkmedia and Design Environment." **Center for Life Long Learning and Desing.** Department of Computer Science, University of Colorado.
- Best. John W. 1970. **Research in Education.** Englewood Cliffs, NS : Prentice Hall.
- McManus. 1997. [Internet] **Delivering Instruction on the World Wide** [Online]. Available: <http://www.SNSU.edu/~mc.manus/papers/wbi.html>.
- Well, John G Anderson and Daniel K. 1995. **Teachers' Stages of Concern Towards Internet Integration.** [CD-ROM]. Silver Platter File : Eric Item : EJ389261

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ง ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้และตัวอย่างบทเรียน

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

- หนังสือราชการ
- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 2312

วันที่ 25 พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม

ด้วย นางปาริฉัตร หอมนาม นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชา เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงใต้ 3" โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย ห่มินสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบทดสอบและประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเนื้อหา ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นางปาริฉัตร หอมนาม มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบบททดสอบและแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเนื้อหาเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 2319



คณะกรรมการอุดมศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๖ พฤษภาคม 2548

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้บทเรียนช่วยสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดสอบ เพื่อการวิจัย

ด้วย นางปรีฉัตร หอมนาม นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2546 สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3" และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2547 คณะกรรมการอุดมศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นางปรีฉัตร หอมนาม ทดลองใช้บทเรียนอีเลิร์นนิ่งช่วยสอนกับนักเรียนชั้นปวช.2 สาขาอิเล็กทรอนิกส์และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเพื่อการวิจัย ภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา

โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692

โทรสาร.02- 326-4325

- รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้จัดส่วนของผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ที่ใช้วิจัยออกเป็น 2 ด้าน คือ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อการสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินจากแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนอีเลิร์นนิ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีรายนามผู้ทรงคุณวุฒิดังต่อไปนี้ คือ

- ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นายรัฐพล จินะวงศ์

อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3. นายวิชา เวทริงสิการ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

4. นายสมพร ผลประพุดิ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ หัวหน้าศูนย์วิทยบริการ
วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

5. นายชิงชัย วรรณรักษ์

อาจารย์ประจำแผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย

- ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. รศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นายรัฐพล จินะวงศ์

อาจารย์ประจำภาควิชาโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

3. นายวิชา เวทริงสิการ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคระยอง

- ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อการสอน

1. ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. ดร.พรรณราย เทียมทัน

คณบดีสาขาเทคโนโลยีและการสื่อสาร คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏเพชรบูรณ์

3. นางอุบลวรรณ สุทธิวิณะ

อาจารย์ประจำแผนกวิชาสามัญ หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน
วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

- ศึกษาหลักสูตรรายวิชา
- กำหนดหัวเรื่องบทเรียนและรายการความรู้แต่ละบทเรียน
- วิเคราะห์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา 2104-2210 เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ 2(4)
Radio Transmitter and Antenna
2. สภาพรายวิชาวิชาชีพ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์
3. ระดับวิชา ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2
4. วิชาบังคับก่อนเรียน อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น
5. เวลาศึกษา ทฤษฎี/ปฏิบัติ 4 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จำนวน 20 สัปดาห์
6. หน่วยกิต 2 หน่วยกิต
7. จุดประสงค์รายวิชา
 1. เพื่อให้มีความเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ AM, FM
 2. เพื่อให้มีความเข้าใจกฎระเบียบข้อบังคับสากลในการรับ-ส่งวิทยุกระจายเสียง
 3. เพื่อให้มีทักษะในการสร้างและทดสอบการทำงานของเครื่องส่งวิทยุ AM, FM
 4. เพื่อให้มีทักษะในการสร้างและทดสอบหาลักษณะสมบัติของระบบสายส่ง-สายอากาศ
 5. เพื่อให้มีกิจนิสัย รู้จักศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมและประยุกต์ใช้งาน มีความรับผิดชอบต่อสังคม
8. คำอธิบายรายวิชา ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับย่านความถี่ คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คุณสมบัติสมบัติของ R, L, C ในเครื่องส่งวิทยุ วงจรกรองความถี่วิทยุ แบบ R-C, R-L, L-C, R-L-C วงจร tune และหน่วยวัดต่าง ๆ เช่น Impedance dB Attenuation ratio Response Curve Band width gain (Q) วงจรเครื่องส่งวิทยุ ภาคต่างๆ เช่น วงจร Oscillator แบบต่างๆ วงจรขยายความถี่สูง วงจรขยายกำลังความถี่สูง วงจรทวีคูณความถี่วิทยุ วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุแบบ AM – FM โครงสร้างและคุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศแบบต่างๆ การส่งวิทยุโดยผ่านสายส่งแบบต่างๆ เช่น สายคู่ขนาน สายโคแอกเชียล เวฟไกด์การวัดและทดสอบการทำงานของวงจรเครื่องส่งวิทยุด้วยเครื่องต่างๆ เช่น Dip Meter Wattmeter SWR meter Impedance meter dB meter Field strength meter กฎระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานส่งวิทยุและระบบสายอากาศ

ตารางที่ ข-1 การแบ่งหน่วยการเรียน วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ (2104-2210) 2 (4)

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1.	ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	2	-	2
2.	วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่	4	6	10
3.	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM	4	8	12
4.	เครื่องส่งวิทยุระบบ FM	4	8	12
5.	สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น	4	4	8
6.	สายอากาศและอัตรายาย	4	4	8
7.	เครื่องมือทดสอบกฎระเบียบข้อบังคับ	4	16	20
	ทดสอบ	2	6	8
รวม		28	52	80
รวมทั้งหมด		80		

ตารางที่ ข-2 รายละเอียดการแบ่งหน่วยการเรียนและบทเรียน

หน่วยการเรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	<p>ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Frequency Spectrum and Electromagnetic Wave)</p> <p>1.1 คลื่นวิทยุ (Radio Wave)</p> <p>1.1.1 ความหมายของคลื่นวิทยุ</p> <p>1.1.2 ความถี่ (Frequency)</p> <p>1.1.3 ความยาวคลื่น (Wave Length)</p> <p>1.2 การแบ่งย่านความถี่วิทยุ (Spectrum Frequency Wave)</p> <p>1.2.1 สเปกตรัมความถี่วิทยุ (Frequency Spectrum)</p> <p>1.2.2 ย่านความถี่และการนำไปใช้งาน</p> <p>1.3 คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า</p> <p>1.3.1 การสะท้อนกลับของคลื่น (Reflection)</p> <p>1.3.2 การหักเหของคลื่น (Reflection)</p> <p>1.3.3 การเบี่ยงเบนของคลื่น (Diffraction)</p> <p>1.3.4 การลดทอนของคลื่น (Attenuation)</p>	2	-	2
2	<p>วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่ (Resonant and Filter Circuit)</p> <p>2.1 วงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Circuit)</p> <p>2.1.1 วงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรม</p> <p>2.1.2 วงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนาน</p> <p>2.2 วงจรจูนและวงจรถ้าเนิดสัญญาณความถี่ (Tune and Oscillator Circuit)</p> <p>2.2.1 วงจรจูน (Tune Circuit)</p> <p>2.2.2 วงจรถ้าเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator Circuit)</p>	4	6	10

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
3	2.3 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)	4	8	12
	2.3.1 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)			
	2.3.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter)			
	2.3.3 วงจรกรองความถี่ผ่าน (Band Pass Filter)			
	2.3.4 วงจรกรองความถี่ไม่ผ่าน (Band Stop Filter)			
	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Radio Transmitter System)			
	3.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ AM			
	3.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ AM (AM Transmitter Circuit)			
	3.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)			
	3.2.2 วงจรทวีคูณความถี่			
3.2.3 วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ AM				
3.2.4 วงจรขยายความถี่สูง				
3.3 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier Circuit)				
4	เครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Radio Transmitter System)	4	8	12
	4.1 หลักการเครื่องส่งวิทยุระบบ FM			
	4.2 วงจรเครื่องส่งวิทยุระบบ FM (FM Transmitter Circuit)			
	4.2.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Circuit)			
	4.2.2 วงจรทวีคูณความถี่วิทยุ			
	4.2.3 วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ FM			
	4.3 เครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์			
	4.3.1 หลักการของเครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์			
	4.3.2 การกำเนิดสัญญาณ FM สเตอริโอ			
	4.3.3 การผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ FM สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์			

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
5	สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น 5.1 สายส่งสัญญาณ 5.2 โครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณ 5.2.1 ชนิดของสายส่งสัญญาณ 5.3 ข้อมูลทั่วไปของสายโคแอกเซียล 5.3.1 การคำนวณอัตราสูญเสียของสายโคแอกเซียล 5.3.2 การเลือกใช้สายโคแอกเซียล 5.4 ท่อนำคลื่น 5.4.1 ลักษณะโครงสร้างของท่อนำคลื่น 5.4.2 ลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมดต่างๆ 5.4.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในท่อนำคลื่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า 5.4.4 ความยาวคลื่นคัทออฟและความถี่ในท่อนำคลื่น 5.4.5 ลักษณะโหมดสูงในท่อนำคลื่น 5.4.6 อิมพีแดนซ์ในท่อนำคลื่น 5.4.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแมตซิ่ง	4	4	8
6	สายอากาศและอัตรายาย 6.1 หลักการของสายอากาศ 6.2 การกระจายคลื่นออกจากสายอากาศ 6.3 ลักษณะกระแสและแรงดันบนสายอากาศไดโพลครึ่ง คลื่น 6.4 ลักษณะสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าบนสายอากาศ ไดโพลครึ่งคลื่น 6.5 ความยาวคลื่นในสายอากาศ 6.6 ขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 6.7 สายอากาศไอโพลครึ่งคลื่นหรือเฮริทซ์ 6.8 ความยาวของสายอากาศกับความถี่	4	4	8

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

หน่วยการ เรียนที่	รายการ	คาบเรียน (ชั่วโมง)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
7	6.9 สายอากาศเวอร์ติคอล กราวด์ เพลน หรือมาโคนี	4	16	20
	6.10 สายอากาศไอโซทรอปิก			
	เครื่องมือทดสอบสายอากาศและกฎระเบียบเกี่ยวกับวิทยุ สื่อสาร			
	7.1 วัตถุประสงค์ในการวัด			
	7.2 SWR มิเตอร์			
	7.3 ดัมมี่ โหลด			
	7.4 ดิพ มิเตอร์			
	7.5 เครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า			
	7.6 อิมพีแดนซ์ บริดจ์			
	7.7 นอยส์ บริดจ์			
7.8 กฎระเบียบกับเครื่องวิทยุคมนาคม	2	6	8	
7.9 พระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 ทดสอบ				
รวม		28	52	80

ตารางที่ ข-3 วิเคราะห์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

รายการ สอน	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม		
		R	A	T
หน่วยที่ 1	ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า			
1.1	บอกความหมายของคลื่นวิทยุได้	O		
1.2	บอกประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้	I		
1.3	คำนวณหาความยาวคลื่นได้		X	
1.4	คำนวณหาความถี่ของคลื่นวิทยุได้		I	
1.5	บอกย่านความถี่ของคลื่นวิทยุได้	I		
1.6	อธิบายคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	I		
หน่วยที่ 2	วงจรเรโซแนนซ์และวงจรรองความถี่			
2.1	อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรมได้	I		
2.2	อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนานได้	I		
2.3	คำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ได้		I	
2.4	อธิบายหลักการของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	O		
2.5	บอกชนิดของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	I		
2.6	อธิบายหลักการของวงจรรองความถี่ได้	I		
2.7	ออกแบบวงจรรองความถี่ต่ำผ่านได้		O	
2.8	ออกแบบวงจรรองความถี่สูงผ่านได้		I	
2.9	ออกแบบวงจรรองย่านความถี่ผ่านได้		I	
2.10	ออกแบบวงจรรองย่านความถี่ไม่ผ่านได้		O	
หน่วยที่ 3	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM			
3.1	อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	I		
3.2	อธิบายหลักการวางรจภาคออสซิลเลเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	X		

หมายเหตุ

ระดับพฤติกรรม

ความสำคัญ

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

X : มาก

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : ปานกลาง

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

รายการ สอน	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม		
		R	A	T
หน่วยที่ 3	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM			
3.3	อธิบายหลักการทำงานของวงจรทวีคูณความถี่ได้	I		
3.4	คำนวณหาแถบความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้		X	
3.5	อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	I		
3.6	อธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายความถี่สูงได้	I		
3.7	อธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายกำลังได้	O		
หน่วยที่ 4	เครื่องส่งวิทยุระบบ FM			
4.1	อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	I		
4.2	อธิบายหลักการทำงานของวงจรภาคออสซิลเลเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	I		
4.3	อธิบายหลักการทำงานของวงจรภาคทวีคูณความถี่วิทยุได้	I		
4.4	อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	I		
4.5	อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอโมดูลิเพิล็กซ์ได้	I		
4.6	อธิบายหลักการทำงานกำเนิดสัญญาณ FM สเตอริโอโมดูลิเพิล็กซ์ได้	I		
4.7	อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอโมดูลิเพิล็กซ์ได้	I		
4.8	บอกข้อดีและข้อเสียของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม-เอฟเอ็ม ได้	I		
หน่วยที่ 5	สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น			
5.1	อธิบายของสายส่งสัญญาณได้	I		
5.2	บอกหน้าที่ของสายส่งสัญญาณได้	I		

หมายเหตุ

ระดับพฤติกรรม

ความสำคัญ

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

X : มาก

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : ปานกลาง

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

รายการ สอน	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม		
		R	A	T
หน่วยที่ 5	สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น			
5.3	อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณชนิดต่างๆ ได้		X	
5.4	เลือกสายโคแอกเชียลไปใช้งานได้ถูกต้อง	I		
5.5	อธิบายโครงสร้างของท่อนำคลื่นได้	I		
5.6	อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมดต่างๆ ได้	I		
5.7	อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นได้	I		
5.8	คำนวณค่าความถี่และความยาวคัทออฟในท่อนำคลื่นได้		I	
5.9	อธิบายโหมดสูงในท่อนำคลื่นแบบต่างๆ ได้	I		
5.10	อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของแมตซ์ซิ่ง ชนิดต่างๆ ได้	I		
หน่วยที่ 6	สายอากาศและอัตรายาย			
6.1	อธิบายความหมายของสายอากาศได้	I		
6.2	อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นออกจากสายอากาศได้	I		
6.3	อธิบายความยาวคลื่นในสายอากาศได้	I		
6.4	อธิบายลักษณะขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	I		
6.5	อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไดโพลได้	I		
6.6	อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศเวอร์ดิกอดกราวด์ เพลน ได้	I		
6.7	อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไอโซทรอปิกได้	I		
6.8	อธิบายคุณสมบัติตัวชี้นำและตัวสะท้อนของสายอากาศได้	I		
6.9	อธิบายคุณสมบัติของสายอากาศแบบ หลากๆ ตัวนำได้	I		

หมายเหตุ

ระดับพฤติกรรม

ความสำคัญ

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

X : มาก

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : ปานกลาง

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : น้อย

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

รายการ สอน	รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับพฤติกรรม		
		R	A	T
หน่วยที่ 7	เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ			
7.1	อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ SWR มิเตอร์ได้	I		
7.2	นำ SWR มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง		I	
7.3	อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของคัมมี โหลด ได้	I		
7.4	นำคัมมี โหลด ไปใช้งาน ได้อย่างถูกต้อง		I	
7.5	อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ ดิพ มิเตอร์ ได้	I		
7.6	นำดิพ มิเตอร์ ไปใช้งาน ได้อย่างถูกต้อง		I	
7.7	อธิบายโครงสร้าง และหลักการทำงานของเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้	I		
7.8	นำเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง		I	
7.9	อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ได้	I		
7.10	นำอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง		I	
7.11	อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของนอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ ได้	I		
7.12	นำนอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง		I	
7.13	นำเครื่องวิทยุคมนาคม ไปใช้ได้อย่างถูกต้อง		I	
7.14	บอกพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. 2498 ได้อย่างถูกต้อง			I

หมายเหตุ

ระดับพฤติกรรม

ความสำคัญ

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

X : มาก

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : ปานกลาง

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : น้อย

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างรายละเอียดเนื้อหาของหัวข้อเรื่องกับ
หลักสูตร

รายละเอียดเนื้อหาของ หัวข้อเรื่อง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
1.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
1.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
1.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
1.4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
1.5	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
1.6	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
1.7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
1.8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
1.9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
2.5	+1	0	0	+1	+1	3	0.60
2.6	+1	0	0	+1	+1	3	0.60
2.7	+1	0	0	+1	+1	3	0.60
2.8	+1	0	0	+1	+1	3	0.60
3.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
3.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
3.3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
3.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
3.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
3.6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายละเอียดเนื้อหาของ หัวข้อเรื่อง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
4.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
4.8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.7	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
5.8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
5.9	+1	+1	0	+1	+1	5	0.80
6.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80
6.5	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80
6.6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
6.9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.2	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

รายละเอียดเนื้อหาของ หัวข้อเรื่อง	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ΣR	IOC
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5		
7.3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
7.5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.6	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80
7.7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
7.9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00
รวม						271	54.20
เฉลี่ย						4.67	0.93

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา
- แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนด้านการผลิตสื่อ
- แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

- แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

เกี่ยวกับ

ความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คำชี้แจง

ให้ท่านทำเครื่องหมาย ลงในช่อง ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านว่า แบบทดสอบแต่ละข้อมีโจทย์คำถามและคำเฉลยสามารถวัดความรู้ความเข้าใจและการนำไปใช้งานได้ถูกต้อง โดยพิจารณา ดังนี้

- + 1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หมายเหตุ

หากทำเครื่องหมาย ลงในช่อง -1 ขอความกรุณาท่านช่วยให้ข้อเสนอแนะท้ายข้อเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

.....

ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

(ลงชื่อ).....

(.....)

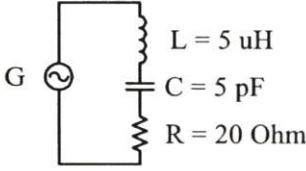
ผู้ทรงคุณวุฒิ

ตัวอย่างวิธีการทำเครื่องหมาย
แบบทดสอบแบบเลือกตอบ
วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

หน่วยที่ 1 เรื่อง ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ระดับความสอดคล้อง			
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
<u>วัตถุประสงค์ข้อที่ 1</u> อธิบายความหมายของคลื่นวิทยุได้				
1. ข้อใดคือความหมายของคลื่นวิทยุที่ถูกต้องมากที่สุด ก. การแพร่กระจายของคลื่นสนามแม่เหล็ก ข. การแพร่กระจายของคลื่นสนามไฟฟ้า ค. การโยนก้อนหินลงน้ำ ง. การแพร่กระจายคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากวงจรสายอากาศ	✓			
2. ข้อใดคือคุณสมบัติของคลื่นวิทยุ ก. สามารถเดินทางผ่านสิ่งกีดขวางที่เป็นตัวนำที่ดีได้ ข. สนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าและตั้งฉากทิศทางการแพร่กระจายคลื่น ค. สนามแม่เหล็กที่ขนานกับสนามไฟฟ้า ง. ความถี่สูงสามารถเดินทางได้เร็วกว่าความถี่ต่ำ		✓		โจทย์คลุมเครือ ควรเปลี่ยนเป็น คุณสมบัติของคลื่นวิทยุ หมายถึงข้อใด
3. ความถี่ของคลื่นวิทยุมีความหมายตรงกับข้อใด ก. อัตราการเปลี่ยนแปลงของคลื่นเป็นจำนวนรอบต่อวินาที ข. การเปลี่ยนแปลงของคลื่นจำนวน 1 รอบ ค. การเปลี่ยนแปลงของเวลาต่อระยะทาง ง. การเปลี่ยนแปลงขนาดของคลื่นต่อเวลา	✓			
<u>วัตถุประสงค์ข้อที่ 2</u> บอกประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้				
4. องค์ประกอบใดที่มีผลต่อการแพร่กระจายคลื่นวิทยุที่เดินทางได้ไกล ก. ภูมิประเทศและค่าความนำของพื้นดิน ข. กำลังส่งออกอากาศของเครื่องส่งวิทยุ ค. ความสูงของสายอากาศและความถี่ในการแพร่กระจายคลื่น ง. ถูกทุกข้อ	✓			
5. การแพร่กระจายคลื่นประเภทคลื่นดินหรือคลื่นผิวเกิดขึ้นในย่านความถี่ใด ก. HF ข. VLF ค. VHF ง. UHF			✓	ข้อสอบเน้นความเข้าใจไม่ตรงกับระดับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ตัวอย่างแบบทดสอบ
แบบเลือกตอบ

แบบประเมินความสอดคล้องของคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				
หน่วยที่ 2				
เรื่อง วงจรเรโซแนนซ์และวงจรรองความถี่	ระดับความสอดคล้อง			
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรมได้				
<p>1. อุปกรณ์ใดต่อไปนี้ที่มีผลต่อความถี่เรโซแนนซ์และสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ตามต้องการได้</p> <p>ก. ความต้านทาน (R)</p> <p>ข. ตัวเหนี่ยวนำ (L)</p> <p>ค. ตัวเก็บประจุ (C)</p> <p><input checked="" type="radio"/> ง. ข้อ ข และ ค ถูก</p>				
<p>2. วงจร LC แบบอนุกรมเมื่อเกิดการเรโซแนนซ์ที่ความถี่ใช้งานจะทำให้เกิดผลตามข้อใดต่อไปนี้</p> <p><input checked="" type="radio"/> ก. $2\pi fL = 1/2\pi fC$</p> <p>ข. $X_C = 1/2\pi fL$</p> <p>ค. $X_L = 2\pi fC$</p> <p>ง. $2\pi fL = 2\pi fC$</p>				
<p>3. วงจร RLC ต่อแบบอนุกรมกับแหล่งจ่ายซิกแนลเจเนอเรเตอร์เมื่อเกิดการเรโซแนนซ์ อุปกรณ์ใดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความถี่</p> <p><input checked="" type="radio"/> ก. ตัวต้านทาน (R)</p> <p>ข. ตัวเหนี่ยวนำ (L)</p> <p>ค. ตัวเก็บประจุ (C)</p> <p>ง. ข้อ ข และ ค ถูก</p>				
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนานได้				
<p>4 ข้อใดบอกคุณสมบัตินี้ของวงจร LC แบบอนุขนานเมื่อเกิดการเรโซแนนซ์ได้ถูกต้อง</p> <p>ก. กระแสไหลในวงจรมีค่าต่ำมาก</p> <p>ข. ความถี่ใช้งานสูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์</p> <p><input checked="" type="radio"/> ค. ค่า $X_L = X_C$</p> <p>ง. ค่าความต้านทานรวมมีค่าสูงสุด</p>				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม/ข้อสอบ	+1	0	-1	ข้อเสนอแนะ
<p>วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 คำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ได้</p> <p>1. รูปที่ 27.1 วงจร RLC แบบอนุกรมประกอบด้วย $L = 5 \mu\text{H}$, $C = 5 \text{ pF}$ และ $R = 20 \Omega$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับข้อใด</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-left: 100px;">รูปที่ 27.1</p> </div> <p>ก. $f_c = 1 \text{ KHz}$ ข. $f_c = 12 \text{ KHz}$ ค. $f_c = 25 \text{ MHz}$ <input checked="" type="radio"/> ง. $f_c = 31.8 \text{ MHz}$</p>				
<p>2. วงจร LC แบบอนุกรม ประกอบด้วย $L = 20 \text{ mH}$ และ $C = 0.47 \mu\text{F}$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์ มีค่าเท่ากับข้อใด</p> <p>ก. 42.5 Hz ข. 940 Hz <input checked="" type="radio"/> ค. $1,642 \text{ Hz}$ ง. $2,047 \text{ Hz}$</p>				
<p>3. วงจร RLC แบบขนานประกอบด้วย $R = 0.1 \Omega$, $L = 1 \mu\text{H}$ และ $C = 10 \text{ pF}$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์ มีค่าเท่ากับข้อใด</p> <p>ก. 5 KHz ข. 50 KHz ค. 5 MHz <input checked="" type="radio"/> ง. 50 MHz</p>				
<p>4. วงจร LC แบบขนานประกอบด้วย $L = 20 \mu\text{H}$ และ $C = 50 \text{ pF}$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่าใด</p> <p>ก. 0.5 KHz ข. 500 KHz <input checked="" type="radio"/> ค. 5 MHz ง. 50 MHz</p>				
<p>วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายหลักการของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ ได้</p>				

- แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนด้านเนื้อหา

แบบประเมินคุณภาพสื่อการเรียนการสอนด้านเนื้อหา

แบบประเมินคุณภาพชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพชุดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 แบบประเมินคุณภาพคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ในด้านความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

การประเมิน

ตอนที่ 1 กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพเพียงช่องเดียว ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยกำหนดเกณฑ์การเลือกไว้ 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ 4	หมายถึง	ระดับคุณภาพดี
ระดับ 3	หมายถึง	ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ 1	หมายถึง	ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ โดยลำดับหัวข้อตามระดับความสำคัญ

ตอนที่ 1 แบบประเมินคุณภาพคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ในด้านความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา

วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ					
บทเรียนที่.....เรื่อง.....					
รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ความถูกต้องของเนื้อหา
3. ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน
4. ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา
6. ความชัดเจนในการสรุปเนื้อหา
7. ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้
8. ความถูกต้องของภาษาที่นำมาใช้
9. ความสอดคล้องระหว่างภาพกับคำบรรยาย
10. ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา
11. ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย
12. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ บทเรียนทั้งหมด
13. ความชัดเจนของคำถาม
14. ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ตอนที่ 1 แบบประเมินคุณภาพคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ ในด้านความเหมาะสมและความ
ถูกต้องของสื่อการเรียนการสอน

วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ					
บทเรียนที่.....เรื่อง.....					
รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
1. การจัดวางรูปแบบบนอินเตอร์เน็ต
2. ความเหมาะสมในการนำเสนอบทเรียน
3. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร โดยภาพรวม
4. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ โดยภาพรวม
5. ความเหมาะสมของภาพกราฟิกโดยภาพรวม
6. บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน
7. การป้อนกลับ (Feedback) ต่อการตอบสนอง ของผู้เรียนมีความเหมาะสม
8. ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อ ความหมาย
9. ความน่าสนใจเกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่ใช้
10. ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับ ปริมาณของเนื้อหา
11. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้โปรแกรม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่น ๆ

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

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ตอนที่ 1 ให้นักศึกษาแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับ บทเรียนอีเลิร์นนิ่ง ในด้านความเหมาะสมและ ความถูกต้องของบทเรียน

วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ					
บทเรียนที่..... เรื่อง.....					
รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
1. การนำเข้าสู่บทเรียนเหมาะสม และมีความน่าสนใจ
2. การวางรูปแบบหน้าจอทำได้เหมาะสม
3. การอธิบายเนื้อหามีความชัดเจน เข้าใจง่าย
4. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร
5. ความเหมาะสมของสีพื้น
6. ภาพที่นำมาประกอบในบทเรียนชัดเจนสื่อความหมายได้
7. ภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนเหมาะสมและน่าสนใจ
8. บทเรียนใช้ง่ายและสามารถควบคุมได้ด้วยตนเอง
9. นักศึกษามีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน
10. คำถามในแบบทดสอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้แสดงความคิดเห็น

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ผ่านการวิเคราะห์มาแล้วว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ และผ่านการวิเคราะห์ ความยากง่าย ความเชื่อมั่น และอำนาจจำแนกแล้ว โดยมีจำนวน 100 ข้อ ครอบคลุมวัตถุประสงค์ทุกบทเรียน โดยสามารถจัดจำนวนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ในตาราง ดังนี้

บทเรียนที่	จำนวนข้อแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
1	10 ข้อ (ข้อ 1- ข้อ10)
2	15 ข้อ (ข้อ 11 – ข้อ 25)
3	15 ข้อ (ข้อ 26 – ข้อ 40)
4	15 ข้อ (ข้อ 41- ข้อ 55)
5	15 ข้อ (ข้อ 56 – ข้อ 70)
6	15 ข้อ (ข้อ 71 – ข้อ 85)
7	15 ข้อ (ข้อ 86 – ข้อ 100)
รวม	100 ข้อ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว (ทั้งหมด 100 ข้อ)

1. คุณสมบัติของคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าคือข้อใดต่อไปนี้
 - ก. คลื่นสามารถเดินทางผ่านได้ในอากาศเท่านั้น
 - ข. คลื่นไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุที่เป็นของแข็งได้
 - ค. คลื่นสามารถเดินทางผ่านได้ทั้งอากาศและของแข็งขึ้นอยู่กับความถี่
 - ง. คลื่นเดินทางได้ดีที่สุดในวัตถุตัวนำ

2. ประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุมีอะไรบ้าง
 - ก. คลื่นฟ้า คลื่นดิน คลื่นใต้น้ำ คลื่นสะท้อน และคลื่นตรง
 - ข. คลื่นดิน คลื่นฟ้า คลื่นตรง และคลื่นโทรโพสเฟียร์
 - ค. คลื่นดิน คลื่นฟ้า และคลื่นตรง
 - ง. คลื่นฟ้า และคลื่นตรง

3. การแพร่กระจายคลื่นวิทยุแบบใด ที่ทำให้การรับคลื่นมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ก. คลื่นฟ้า	ข. คลื่นดิน
ค. คลื่นตรง	ง. คลื่นสะท้อน

4. เครื่องส่งวิทยุกระจายเสียงระบบเอเอ็ม ส่งกระจายเสียงด้วยคลื่นความถี่ 1.2 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) อยากทราบว่าคลื่นนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด

ก. 12 เมตร	ข. 120 เมตร
ค. 25 เมตร	ง. 250 เมตร

5. เครื่องส่งวิทยุ จส.100 ส่งกระจายเสียงด้วยความถี่ 100 เมกกะเฮิร์ตซ์ (MHz) คลื่นความถี่นี้มี ความยาวคลื่นเท่าใด

ก. 1 เมตร	ข. 2 เมตร
ค. 3 เมตร	ง. 4 เมตร

6. ข้อใดคือความหมายของความยาวคลื่นวิทยุ

ก. ความเร็วคลื่นต่อเวลา	ข. ความถี่ต่อเวลา
ค. ความถี่ต่อความเร็วคลื่น	ง. ความเร็วคลื่นต่อความถี่

12. ข้อใดบอกคุณสมบัติของวงจร LC เรโซแนนซ์แบบขนานได้ถูกต้อง
- กระแสไหลในวงจรมีค่าสูงมากเมื่อเกิดเรโซแนนซ์
 - ความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
 - เมื่อวงจรเกิดการเรโซแนนซ์จะได้ $X_L = X_C$
 - ถูกทุกข้อ
13. เมื่อต่อสัญญาณเข้ากับวงจร L-C และวงจรตอบสนองความถี่ทำให้ $X_L = X_C$ เรียกความถี่จุดนี้ว่าอย่างไร
- ความถี่เรโซแนนซ์
 - แบนด์วิดท์
 - ความถี่ออสซิลเลเตอร์
 - ความถี่พาห์
14. วงจร L-C แบบขนานประกอบด้วย $L = 0.1 \mu\text{H}$ และ $C = 5 \text{ pF}$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์มีค่าเท่าใด
- 500 kHz
 - 2.25 MHz
 - 5.1 MHz
 - 225 MHz
15. วงจร LC แบบอนุกรมเมื่อเกิดการเรโซแนนซ์ $X_L = 30 \Omega$ และ $C = 0.44 \mu\text{F}$ ค่าของความถี่เรโซแนนซ์ ของวงจรนี้มีค่าเท่าใด
- 10 kHz
 - 13.2 kHz
 - 12 kHz
 - 15 kHz
16. วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่จะต้องมีส่วนประกอบอะไรบ้างที่ทำให้ได้ความถี่คงที่
- มีการสั่นตัวของวัตถุแบบคงที่
 - การสั่นตัวของวัตถุจะต้องสัมพันธ์กับเวลา
 - ถ้าระดับขนาดของคลื่นลดลงจะต้องมีการกระตุ้นเสริมขนาดของคลื่นให้สม่ำเสมออยู่ตลอด
 - ถูกทุกข้อ
17. วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบใดที่กำเนิดสัญญาณความถี่มีเสถียรภาพมากที่สุด
- แบบบล็อกกิ้ง
 - แบบฮาร์ทเลย์
 - แบบอาร์มสตรอง
 - แบบคริสตอล

18. ผลึกของวัสดุที่นำมาทำคริสตอล เช่น ควออร์ท ทัวร์มาลีน และเกลือหินโรเซลล์ วัสดุเหล่านี้รวมกันเรียกว่าอะไร

- ก. Crystal Electric
- ข. Quartz Electric
- ค. Piezo Electric
- ง. Tourmaline Electric

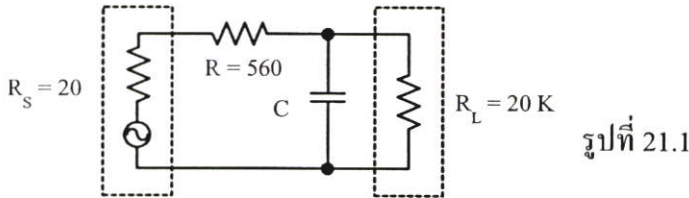
19. วงจร Low Pass Filter มีคุณสมบัติอย่างไร

- ก. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้
- ข. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้
- ค. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดความถี่ผ่านได้ในย่านที่กำหนด
- ง. เป็นวงจรกรองความถี่ที่ไม่ให้ความถี่ในย่านที่กำหนดผ่านได้

20. วงจร High Pass Filter มีคุณสมบัติอย่างไร

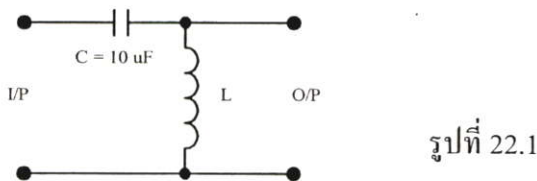
- ก. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้
- ข. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดให้ความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่กำหนดไว้ผ่านได้
- ค. เป็นวงจรกรองความถี่ชนิดความถี่ผ่านได้ในย่านที่กำหนด
- ง. เป็นวงจรกรองความถี่ที่ไม่ให้ความถี่ในย่านที่กำหนดผ่านได้

21. จากรูปที่ 21.1 วงจรกรองความถี่แบบ RC สมมติให้ $R_s = 20 \Omega$, $R = 560 \Omega$, $R_L = 20 K\Omega$ กำหนดให้ ความถี่คัทออฟ $f = 3 \text{ kHz}$ ค่าของ C ที่นำมาต่อกับวงจรมีค่าเท่าใด



- ก. 14.2 nF
- ข. 94.7 nF
- ค. 284 μF
- ง. 0.398 μF

22. จากรูปที่ 22.1 เมื่อต้องการความถี่คัทออฟเท่ากับ 5 kHz ค่าของ L มีค่าเท่ากับเท่าใด



- ก. 0.1 mH
- ข. 0.01 mH
- ค. 560 mH
- ง. 50 mH

23. วงจร High Pass Filter ต้องการความถี่คัทออฟเท่ากับ 455 kHz กำหนดให้ $X_C = 20 \Omega$ ค่าของ L ที่นำมาต่อในวงจรมีค่าเท่าใด

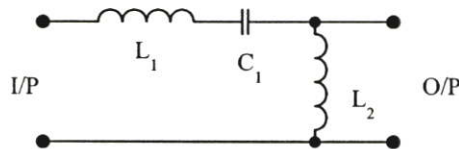
ก. 9.1 mH

ข. 91 μH

ค. 0.7 μH

ง. 7 μH

24. จากรูปที่ 24.1 วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน กำหนดให้ความถี่คัทออฟ $f_1 = 100 \text{ Hz}$ และ $f_2 = 1000 \text{ Hz}$ เมื่อเกิดการรีโซแนนซ์ได้ $X_C = 20 \Omega$ ค่าของ L_1 มีค่าเท่าใด



รูปที่ 24.1

ก. 72 mH

ข. 0.035 mH

ค. 0.35 mH

ง. 72 μH

25. วงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่านมีความหมายตรงกับข้อใด

ก. ทำงานตรงข้ามกับวงจรกรองความถี่ผ่าน

ข. มีการลดทอนช่วงความถี่ที่ไม่ต้องการ

ค. ใช้ในการตัดสัญญาณรบกวนบางช่วงความถี่

ง. ถูกทุกข้อ

26. ข้อใดอธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบเอเอ็มได้ถูกต้อง

ก. เป็นการผสมคลื่นที่ทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง

ข. เป็นการผสมคลื่นที่ทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง

ค. เป็นการผสมคลื่นที่ทำให้เฟสของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง

ง. ไม่มีข้อใดถูก

27. การผสมคลื่นในระบบ AM เพื่อให้ได้กำลังส่งออกอากาศสูงสุดจะต้องมีเปอร์เซ็นต์การผสมคลื่นเป็นเท่าใด

ก. 25 เปอร์เซ็นต์

ข. 50 เปอร์เซ็นต์

ค. 75 เปอร์เซ็นต์

ง. 100 เปอร์เซ็นต์

28. ข้อใดอธิบายหลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์ ของเครื่องส่งวิทยุระบบเอเอ็มได้ถูกต้อง
- วงจรภาคออสซิลเลเตอร์อาศัยคุณสมบัติของ L และ C ในการผลิตความถี่ที่คงที่ขึ้นมา
 - วงจรภาคออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่ทำการขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้มีความแรงมากๆ
 - วงจรภาคออสซิลเลเตอร์ เป็นวงจรถ้าเน็คสัญญาณกระแสสลับที่มีความถี่สม่ำเสมอ
 - ข้อ ก และ ค ถูก
29. วงจรสร้างคลื่นพาห์ เรียกว่าวงจรอะไร
- วงจรออสซิลเลเตอร์
 - วงจรมิกเซอร์
 - วงจรบัฟเฟอร์
 - วงจรขยายกำลัง
30. วงจรใดต่อไปนีที่ใช้ในภาคออสซิลเลเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม
- วงจร Low Pass Filter
 - วงจร High Pass Filter
 - วงจร L-C Resonance
 - วงจร R-L Resonance
31. วงจรทวีคูณความถี่มีประโยชน์อย่างไรในเครื่องส่งวิทยุ
- ช่วยให้มีความถี่ลดลงตามต้องการ
 - ช่วยเพิ่มค่าความถี่ให้สูงขึ้นตามต้องการของย่านความถี่วิทยุแต่ละสถานี
 - ช่วยขยายสัญญาณคลื่นให้มีขนาดสูงขึ้นเพื่อส่งกระจายเสียง
 - ช่วยให้เครื่องส่งวิทยุส่งได้ไกลขึ้น
32. กำหนดให้วงจรกำเนิดความถี่มีค่าเป็น $F = 2.5 \text{ MHz}$ ผ่านวงจรทวีคูณความถี่ 2 เท่า แต่ความถี่ยังไม่ได้ตาม ต้องการ ดังนั้น จึงส่งเข้าวงจรทวีคูณความถี่ 2 เท่าอีก อยากรทราบว่า ความถี่เมื่อผ่านวงจรทวีคูณครั้งที่ 2 นี้จะเป็นเท่าใด
- 5 MHz
 - 10 MHz
 - 15 MHz
 - 20 MHz
33. สถานีวิทยุระบบ AM มีการส่งกระจายเสียงด้วยความถี่ 600 kHz มอดูเลตกับสัญญาณเสียงความถี่ 5 kHz ข้อใดคือ ไซค์แบนด์ของสถานีวิทยุแห่งนี้
- LSB = 595 kHz และ USB = 605 kHz
 - LSB = 600 kHz และ USB = 605 kHz
 - LSB = 605 kHz และ USB = 610 kHz
 - LSB = 590 kHz และ USB = 610 kHz

40. ข้อใดอธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายกำลังความถี่วิทยุได้ถูกต้อง
- วงจรขยายกำลังความถี่วิทยุเป็นภาคสุดท้ายของเครื่องส่งวิทยุที่จะส่งถ่ายกำลังงานไปให้กับสายอากาศ
 - วงจรขยายกำลังความถี่วิทยุจะทำงานแบบคลาส C
 - วงจรขยายกำลังเป็นวงจรขยายสัญญาณคลื่นที่ผสมแล้วให้มีกำลังส่งมากขึ้น
 - ถูกทุกข้อ
41. ข้อใดอธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ FM ได้ถูกต้อง
- เป็นวิธีการผสมคลื่นที่ทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง
 - เป็นวิธีการผสมคลื่นที่ทำให้ความถี่ของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง
 - เป็นวิธีการผสมคลื่นที่ทำให้เฟสของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง
 - ถูกทุกข้อ
42. เครื่องส่งวิทยุระบบ FM โดยตรงมีหลักการอย่างไร
- ใช้อุปกรณ์รีแอกแตนซ์ไปควบคุมความถี่ของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ เพื่อให้ความถี่นั้นเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณความถี่เสียงโดยตรง
 - ระบบการผสมคลื่นเป็นแบบ PM และทำให้เป็น FM โดยอาศัยวงจรเปลี่ยนสัญญาณเสียง
 - เป็นวิธีการผสมคลื่นที่ทำให้แอมพลิจูดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงไปตามแอมพลิจูดของสัญญาณเสียง
 - เป็นวิธีการผสมคลื่นพาห์ที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณเสียง
43. ภาคกำเนิดความถี่สูงของเครื่องส่งวิทยุระบบ FM มีความสำคัญอย่างไร
- ภาคกำเนิดความถี่สูงช่วยให้เครื่องรับสามารถรับคลื่นต่างๆ ได้ทุกความถี่
 - ผลิตความถี่สูงเพื่อเป็นคลื่นพาห์และไปรวมกับสัญญาณเสียงเพื่อส่งออกอากาศให้ส่งไปได้ไกล
 - ภาคกำเนิดความถี่สูงช่วยให้ภาคขยายสัญญาณเสียงขยายได้แรงขึ้น
 - ช่วยลดปัญหาการรบกวนจากสภาพแวดล้อมต่างๆ

44. วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบใดในเครื่องส่งวิทยุระบบ FM ที่กำเนิดสัญญาณความถี่มีความเที่ยงตรงมากที่สุด
- วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบอาร์มสตรอง
 - วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบคริสตอล
 - วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบฮาร์ทเลย์
 - วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่แบบ L-C
45. ภาควิคุณความถี่ทำหน้าที่อย่างไรในเครื่องส่งวิทยุระบบ FM
- ทำหน้าที่รับความถี่ผลต่างจากภาคมิกเซอร์มาแปลงเป็นไฟ DC
 - เพิ่มความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ ให้มีความถี่สูงขึ้นถึงย่านสถานี FM
 - ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่มีกำลังต่ำให้มีกำลังสูงพอที่จะส่งออกอากาศต่อไป
 - ลดการสูญเสียของสัญญาณเสียง
46. ในภาควิคุณความถี่ 2 เท่าเมื่อรับความถี่เข้ามา 19 kHz จะได้ความถี่ที่ออกจากภาควิคุณนี้เท่าไร
- 19 kHz
 - 19.5 kHz
 - 38 kHz
 - 361 kHz
47. ข้อใดอธิบายหลักการการทำงานของภาคผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ FM ได้ถูกต้อง
- ภาคผสมคลื่นจะทำการผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นพาห์ โดยสัญญาณเสียงจะไปควบคุมขนาดของคลื่นพาห์ ให้มากหรือน้อย
 - ภาคผสมคลื่นจะทำการผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นพาห์ โดยสัญญาณเสียงจะไปควบคุมความถี่ของ คลื่นพาห์ ให้สูงขึ้นหรือลดลง
 - ภาคผสมคลื่นจะทำการผสมสัญญาณเสียงกับคลื่นพาห์ โดยสัญญาณเสียงจะไปควบคุมเฟสของคลื่นพาห์ ให้สูงขึ้นหรือลดลง
 - เป็นการผสมของคลื่นพาห์กับสัญญาณเสียงที่ทำให้ความถี่ของสัญญาณเสียงคงที่
48. การ์ดแบนด์ในเครื่องส่งวิทยุระบบ FM มีประโยชน์อย่างไร
- ป้องกันการรบกวนและแทรกกันระหว่างสถานี
 - ป้องกันการมอดูเลตเกินอัตราที่กำหนด
 - ทำให้แบ่งช่วงความถี่ของสถานีวิทยุได้มากขึ้น
 - ถูกทุกข้อ

49. ในการส่งสัญญาณแบบสเตอริโอโมดูลิเฟอ์กซ์ มีข้อกำหนดทางเทคนิคอย่างไร
- เครื่องรับระบบ FM ธรรมดาสามารถรับฟังสัญญาณวิทยุระบบ FM สเตอริโอ แต่สัญญาณไม่เป็น สเตอริโอ
 - เครื่องรับระบบ FM สเตอริโอสามารถรับฟังสถานีวิทยุระบบ FM สองทิศทาง ทั้งซ้ายและขวาได้
 - เครื่องรับระบบ FM สเตอริโอสามารถรับฟังวิทยุระบบ FM ธรรมดาได้
 - ถูกทุกข้อ
50. ข้อดีในการส่งสัญญาณระบบ FM สเตอริโอเมื่อเทียบกับระบบ FM ธรรมดาคือข้อใด
- เสียงที่ได้ยินจะตอบสนองความถี่ได้กว้างขึ้น
 - ส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไปได้ไกลมากกว่า
 - ค่าใช้จ่ายในการสร้างน้อยกว่า
 - ใช้กำลังในการส่งน้อยกว่า
51. เครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอโมดูลิเฟอ์กซ์ สัญญาณความถี่ใดเรียกว่า “ความถี่คลื่นพาห่อย่อย”
- | | |
|-------------|-----------------|
| ก. 10.7 MHz | ข. 19 kHz |
| ค. 38 kHz | ง. 88 – 108 MHz |
52. สัญญาณไหลอดในเครื่องส่งวิทยุระบบ FM สเตอริโอโมดูลิเฟอ์กซ์มีความถี่เท่าใด
- | | |
|-------------|------------|
| ก. 10.7 MHz | ข. 19 kHz |
| ค. 38 kHz | ง. 455 kHz |
53. การผสมคลื่นสัญญาณสเตอริโอจะใช้วงจรใดในการผสมคลื่น
- | | |
|------------------------|-----------------------|
| ก. วงจรภาคขยายกำลัง | ข. วงจรบัฟเฟอร์ |
| ค. วงจรบัฟเฟอร์มอดูเลต | ง. วงจรบาลานซ์มอดูเลต |
54. ข้อใดไม่ใช่ส่วนที่แตกต่างของวงจรผสมคลื่นวิทยุระบบ FM สเตอริโอโมดูลิเฟอ์กซ์กับระบบ FM ธรรมดา
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| ก. ภาคเข้ารหัสสเตอริโอ | ข. ส่วนการรับสัญญาณเสียง |
| ค. ภาคทวีคูณความถี่ | ง. สัญญาณไหลอด |

55. ข้อใดไม่ใช่ข้อดีของเครื่องส่งวิทยุระบบ FM
- เครื่องรับสามารถรับสัญญาณเสียงได้เหมือนกับต้นกำเนิดเสียง
 - สามารถส่งได้ไกลไม่ว่าภูมิประเทศจะเป็นป่าเขา
 - สัญญาณรบกวนจากธรรมชาติมีน้อย
 - เครื่องรับใช้สายอากาศที่สั้น
56. สายส่งสัญญาณ (Transmission line) หมายถึงอะไร
- สายที่รับสัญญาณเข้ามาแล้วส่งออกไป
 - สายที่มีการแพร่กระจายคลื่นและถูกรบกวนจากภายนอกได้ง่าย
 - สายตัวนำที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ความถี่สูง
 - สายที่เป็นตัวส่งสัญญาณผ่านจากเครื่องส่งไปสายอากาศอย่างเดียว
57. สายส่งสัญญาณมีหน้าที่ อะไร
- ทำให้สัญญาณหรือคลื่นเดินทางไปในสายสัญญาณ เกิดการสะท้อนกลับ
 - เป็นตัวส่งผ่านคลื่นวิทยุจากเครื่องส่งไปยังสายอากาศ โดยไม่เกิดการสูญเสียจากการกระจายคลื่น
 - ส่งผ่านคลื่นวิทยุจากเครื่องส่งไปยังสายอากาศ หรือรับคลื่นวิทยุจากสายอากาศมายังเครื่องส่ง
 - ถูกทุกข้อ
58. สายส่งสัญญาณที่มีคุณสมบัติใช้ส่งสัญญาณย่านความถี่สูง มีการสูญเสียสัญญาณสูง มีค่าอิมพีแดนซ์ 300 โอห์ม คือสายชนิดใด
- สายทวินลีด
 - สายชีลด์คู่
 - สายเกลียว
 - สายโคแอกเชียล
59. สายส่งสัญญาณที่มีคุณสมบัติใช้ส่งสัญญาณย่านความถี่ต่ำระยะใกล้ๆ เมื่อสายเปียกชื้น การสูญเสียจะเพิ่มขึ้นใช้เป็นสายโทรศัพท์ สายโทรเลข คือสายชนิดใด
- สายทวินลีด
 - สายชีลด์คู่
 - สายเกลียว
 - สายโคแอกเชียล

60. ข้อใดเป็นคุณลักษณะของสายส่งสัญญาณแบบ โคอแกนเชียล
- ภายในเป็นตัวนำและมีฉนวนหุ้มภายนอก
 - ภายในเป็นตัวนำคู่ขนานห่อหุ้มด้วยฉนวนไดอิเล็กตริกและมีลวดทองแดงถักเป็นชีลด์
 - ภายในเป็นตัวนำเดี่ยวหรือตัวนำหลายเส้นและตัวนำภายนอกเป็นทองแดงถักเป็นชีลด์
 - ภายในเป็นตัวนำหลายๆ ชุดในแต่ละชุดของตัวนำจะมีจำนวนมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของสาย
61. ข้อมูลทั่วไปของสายส่งสัญญาณชนิดสายโคแกนเชียลที่เขียนตัวย่อว่า T หมายถึงอะไร
- ลวดทองแดงชุบดีบุก
 - ลวดทองแดงชุบเงิน
 - เปลือกหุ้มเป็นสารโพลีไวนิลคลอไรด์ธรรมดา
 - เปลือกหุ้มเป็นสารโพลีไวนิลคลอไรด์แบบพิเศษ
62. ข้อใดต่อไปนี้เป็นลักษณะโครงสร้างของท่อนำคลื่น
- เป็นท่อโลหะกลมทำด้วยทองแดง ภายในฉาบด้วยเงิน
 - เป็นท่อโลหะสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำด้วยอลูมิเนียมภายในฉาบด้วยทองแดง
 - เป็นท่อโลหะกลมทำด้วยอลูมิเนียม ภายในฉาบด้วยเงิน
 - ข้อ ก และ ค ถูก
63. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมด TEM (Transverse electromagnetic wave) ได้ถูกต้อง
- คลื่นสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน Y คลื่นสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน X และแกน Z ผลรวมของคลื่นสนามแม่เหล็กจะอยู่ในแนวแกน Y
 - คลื่นสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน X และแกน Y คลื่นสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน Z ผลรวมของคลื่นสนามไฟฟ้าจะอยู่ในแนวแกน Z
 - สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตั้งฉากซึ่งกันและกัน สนามไฟฟ้าอยู่บนแกน Y สนามแม่เหล็กอยู่บนแกน Z มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวแกน X
 - สนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน X สนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน Y มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนว แกน Z

64. ข้อใดเป็นลักษณะการแพร่กระจายคลื่น โหมด TE (Transverse electric wave)
- คลื่นสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน Y คลื่นสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน X และแกน Z ผลรวมของคลื่นสนามแม่เหล็กจะอยู่ในแนวแกน Y
 - คลื่นสนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน X และแกน Y คลื่นสนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน Z ผลรวมของคลื่นสนามไฟฟ้าจะอยู่ในแนวแกน Z
 - สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กตั้งฉากซึ่งกันและกัน สนามไฟฟ้าอยู่บนแกน Y สนามแม่เหล็กอยู่บนแกน Z มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนวแกน X
 - สนามไฟฟ้าอยู่ในแนวแกน X สนามแม่เหล็กอยู่ในแนวแกน Y มีทิศทางการแพร่กระจายคลื่นในแนว แกน Z
65. ข้อใดเป็นลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่น
- สนามไฟฟ้ามีค่าสูงสุดบริเวณกึ่งกลางของด้านกว้างของท่อนำคลื่น
 - สนามไฟฟ้ามีค่าน้อยลงที่ด้านข้างทั้งสอง TE และ TM
 - คลื่นสามารถเคลื่อนที่ได้ ภายในท่อนำคลื่น โดยไม่เกิดการผิผิว
 - ถูกทุกข้อ
66. เมื่อกำหนดให้ท่อนำคลื่นมีขนาด 7.95×4.1 นิ้ว และผนังหนา 0.125 นิ้ว จะมีความยาวคลื่นคัทออฟและความถี่คัทออฟเท่าใด
- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| ก. 39.2 cm และ 0.765 GHz | ข. 3.92 cm และ 0.765 GHz |
| ค. 39.2 cm และ 7.65 GHz | ง. 0.392 cm และ 0.765 GHz |
67. กำหนดให้ความยาวคลื่นคัทออฟ 55.2 cm จะมีค่าความถี่คัทออฟเท่าใด
- | | |
|---------------|---------------|
| ก. 54.348 kHz | ข. 543.48 kHz |
| ค. 543.48 MHz | ง. 54.348 GHz |
68. คุณสมบัติข้อใด คือลักษณะ โหมดสูงในท่อนำคลื่นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- m จะแสดงจำนวนครั้งความยาวคลื่นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไปตามความกว้างของท่อนำคลื่น
 - n แสดงจำนวนครั้งคลื่นของสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไปตามแนวแคบของท่อนำคลื่น
 - m คือจำนวนความยาวคลื่นรอบๆ ภายในของท่อนำคลื่นกลม
 - ข้อ ก และ ข ถูก

79. เมื่อวางสายอากาศไดโพลครึ่งคลื่นในแนวตั้ง จะมีการแพร่กระจายคลื่น ตามข้อใด
- รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นสี่โพล ด้านบนสองด้านล่างสอง
 - การแพร่กระจายคลื่นจะมีค่าเท่ากันหมดรอบตัวสายอากาศ
 - มีการแพร่กระจายคลื่นแบบสองทิศทาง
 - ถูกทุกข้อ
80. ข้อใดมีรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น ของสายอากาศไดโพลที่มีความยาว $L = \lambda$
- รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นสี่โพล ด้านบนสองด้านล่างสอง
 - รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น เป็นสองทิศทาง คือด้านบนและด้านล่าง
 - รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นจะเป็นแบบหกโพล ด้านบนสามด้านล่างสาม
 - รูปแบบการแพร่กระจายคลื่นจะเป็น 12 โพล ด้านบน 6 โพล ด้านล่าง 6 โพล
81. ข้อใดเป็นคุณลักษณะของ สายอากาศ เวอร์ติคอลล กราวด์ เพลน
- เป็นสายอากาศที่มีความยาว $\lambda/4$ วางลงในแนวตั้งบนระนาบตัวนำทำหน้าที่เป็นกราวด์
 - เป็นสายอากาศที่มีความยาว $\lambda/2$ วางในแนวนอน บนระนาบตัวนำที่ทำหน้าที่เป็นกราวด์
 - เป็นสายอากาศที่มีความยาว $\lambda/4$ วางลงในแนวนอน บนระนาบตัวนำทำหน้าที่เป็นกราวด์
 - เป็นสายอากาศที่มีความยาว $\lambda/2$ วางลงในแนวตั้ง บนระนาบตัวนำทำหน้าที่เป็นกราวด์
82. สายอากาศชนิดใด ที่ทำหน้าที่เป็นสายอากาศอ้างอิงใช้เปรียบเทียบเพื่อคำนวณอัตราขยาย
- ไดโพล
 - ไอโซทรอปิก
 - เวอร์ติคอลล กราวด์ เพลน
 - ยาگی
83. สายอากาศชนิดใด มีอัตราการขยายน้อยที่สุด
- ไดโพล
 - ไอโซทรอปิก
 - เวอร์ติคอลล กราวด์ เพลน
 - ยาگی
84. พาราซิติคที่วางอยู่ด้านหน้าของตัวไดโพลและห่างจากไดโพลเป็นระยะ 0.1λ เรียกว่าอะไร
- Parasitic element
 - Driven element
 - Reflector element
 - Director element
85. เป็นสายอากาศที่นำเอาตัวชี้หน้า ตัวสะท้อนและตัวไดโพลมาประกอบเข้าด้วยกัน คือสายอากาศ ชนิดใด
- ไดโพล
 - ไอโซทรอปิก
 - กราวด์ เพลน
 - ยาگی

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

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

ภาคผนวก ง

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

- วิเคราะห์วัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ
- จำนวนข้อสอบในแต่ละวัตถุดิบประสงค์
- ข้อมูลและผลการประเมินแบบประเมินด้านเนื้อหา ของผู้ทรงคุณวุฒิ
- ข้อมูลและผลการประเมินแบบประเมินด้านการผลิตสื่อ ของผู้ทรงคุณวุฒิ
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุดิบประสงค์เชิงพฤติกรรม(IOC)
- หาค่าความยากง่ายของข้อสอบ (P)
- หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (r)
- หาค่าความแปรปรวน (S^2)
- หาค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบ (KR-20)
- หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E₁:E₂)
- ข้อมูลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียน และแบบทดสอบ

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 1 : ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. บอกความหมายของคลื่นวิทยุได้	R	O	1	O(1)			10
2. บอกประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้	R	O	1	O(1)			
3. คำนวณหาความยาวคลื่นได้	A	X	3		X(3)		
4. คำนวณหาความถี่ของคลื่นวิทยุได้	A	I	2		I(2)		
5. บอกย่านความถี่ของคลื่นวิทยุได้	R	O	1	O(1)			
6. อธิบายคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	I	2	I(2)			
ผลรวม			10	5	5		
ข้อสอบ				5	5		10

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : 2

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : 1

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 2 : วงจรเรโซแนนซ์และวงจรกรองความถี่

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวน ข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรมได้	R	O	2	O(1)			15
2. อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนานได้	R	O	2	O(1)			
3. กำหนดหาความถี่เรโซแนนซ์ได้	A	I	2		I(2)		
4. อธิบายหลักการของวงจรถัดกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	R	O	1	O(1)			
5. บอกชนิดของวงจรถัดกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	R	I	2	I(2)			
6. อธิบายหลักการของวงจรกรองความถี่ได้	R	I	2	I(2)			
7. ออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านได้	A	O	1		O(1)		
8. ออกแบบวงจรกรองความถี่สูงผ่านได้	A	I	2		I(2)		
9. ออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ผ่านได้	A	I	2		I(2)		
10. ออกแบบวงจรกรองย่านความถี่ไม่ผ่านได้	A	O	1		O(1)		
ผลรวม			15	7	8		
ข้อสอบ				7	8		15

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

I : 2

O : 1

ตารางที่ 3- การวิเคราะห์หัวข้อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 3 : เครื่องส่งวิทยุระบบ AM

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	R	I	2	I(2)			15
2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรรวมคอสซิลเลเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	R	X	3	X(3)			
3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรถูกัด-ความถี่ได้	R	I	2	I(2)			
4. คำนวณหาแถบความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	A	X	3		X(3)		
5. อธิบายหลักการทำงานของวงจรมอดูเลชันความถี่วิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	R	I	2	I(2)			
6. อธิบายหลักการทำงานของวงจรมอดูเลชันความถี่สูงได้	R	I	2	I(2)			
7. อธิบายหลักการทำงานของวงจรมอดูเลชันความถี่ต่ำได้	R	O	1	O(1)			
ผลรวม			15	12	3		
ข้อสอบ				12	3		15

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

I : 2

O : 1

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 4 : เครื่องส่งวิทยุระบบ FM

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	I(2)			15
2. อธิบายหลักการทำงานของวงจรกำเนิดความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	I(2)			
3. อธิบายหลักการทำงานของวงจรทวีคูณความถี่วิทยุได้	R	I	2	I(2)			
4. อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	I(2)			
5. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ได้	R	I	2	I(2)			
6. อธิบายหลักการทำงานกำเนิดสัญญาณ FM-สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ได้	R	I	2	I(2)			
7. อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอ มัลติเพล็กซ์ ได้	R	I	2	I(2)			
8. บอกข้อดีและข้อเสียของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม-เอฟเอ็ม ได้	R	O	1	O(1)			
ผลรวม			15	15			
ข้อสอบ				15			15

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

I : 2

O : 1

ตารางที่ ๓-5 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 5 : สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายของสายส่งสัญญาณได้	R	O	1	O(1)			15
2. บอกหน้าที่ของสายส่งสัญญาณได้	R	O	1	O(1)			
3. อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณชนิดต่างๆได้	R	I	2	I(2)			
4. เลือกสายโคแอกเชียลไปใช้งานได้ถูกต้อง	A	I	2		I(2)		
5. อธิบายโครงสร้างของท่อนำคลื่นได้	R	O	1	O(1)			
6. อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมดต่างๆได้	R	I	2	I(2)			
7. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นได้	R	O	1	O(1)			
8. คำนวณค่าความถี่และความยาวกัทออปในท่อนำคลื่นได้	A	I	2		I(2)		
9. อธิบายโหมดสูงในท่อนำคลื่นแบบต่างๆได้	R	O	1	O(1)			
10. อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของแมตซ์ชนิดต่างๆได้	R	I	2	I(2)			
ผลรวม			15	11	4		
ข้อสอบ				11	4		15

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

I : 2

O : 1

ตารางที่ ๖-6 การวิเคราะห์หัวข้อวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 6 : สายอากาศและอัตรายาย

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายความหมายของสายอากาศได้	R	O	1	O(1)			15
2. อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นออกจากสายอากาศได้	R	I	2	I(2)			
3. อธิบายความยาวคลื่นในสายอากาศได้	R	I	2	I(2)			
4. อธิบายลักษณะขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	O	1	O(1)			
5. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไดโพลได้	R	X	3	X(3)			
6. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศเวอร์ดิกอล กราวด์ เพลน ได้	R	I	2	O(2)			
7. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศไอโซทรอปิกได้	R	I	2	I(2)			
8. อธิบายคุณสมบัติตัวชี้นำและตัวสะท้อนของสายอากาศได้	R	O	1	O(1)			
9. อธิบายคุณสมบัติของสายอากาศแบบหลายๆ ตัวนำได้	R	O	1	O(1)			
ผลรวม			15	15			
ข้อสอบ				15			15

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

I : 2

O : 1

ตารางที่ 7- การวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อออกข้อสอบ

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 7 : เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวนข้อ
				R	A	T	
1. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ SWR มิเตอร์ได้	R	O	1	O(1)			7
2. นำ SWR มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		
3. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ คัมมี่ โหลด ได้	R	O	1	O(1)			
4. นำคัมมี่ โหลด ไปใช้งาน ได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		
5. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ ดิพ มิเตอร์ ได้	R	O	1	O(1)			
6. นำดิพ มิเตอร์ ไปใช้งาน ได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		
7. อธิบายโครงสร้าง และหลักการทำงานของ เครื่องวัดความเข้ม สนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	O	1	O(1)			
ผลรวม			7	7			
ข้อสอบ				7			7

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

ระดับคะแนน

X : 3

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : 2

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : 1

ตารางที่ ง-7 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หน่วยที่ 7 : เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	LS	W	คะแนน	ระดับวัตถุประสงค์			จำนวน ข้อ
				R	A	T	
8. นำเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		8
9. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ได้	R	O	1	O(1)			
10. นำอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		
11. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของนอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ได้	R	O	1	O(1)			
12. นำนอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1		O(1)		
13. นำเครื่องวิทยุคมนาคมไปใช้ตามพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคมได้อย่างถูกต้อง	A	X	3		X(3)		
ผลรวม			8	2	6		
ข้อสอบ				2	6		8

หมายเหตุ ระดับวัตถุประสงค์ โดย

ระดับคะแนน

R : การฟื้นคืน (Recalled Knowledge)

X : 3

A : การประยุกต์ (Applied Knowledge)

I : 2

T : การส่งถ่ายความรู้ (Transfer Knowledge)

O : 1

ตารางที่ ง-8 จำนวนข้อในแต่ละวัตถุประสงค์

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสวิชา : 2104-2210

หัวข้อเรื่อง : หน่วยที่ 1 : ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

หน่วยที่ 2 : วงจรเรโซแนนซ์และวงจรรองความถี่

หน่วยที่ 3 : เครื่องส่งวิทยุระบบ AM

หน่วยที่ 4 : เครื่องส่งวิทยุระบบ FM

หน่วยที่ 5 : สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น

หน่วยที่ 6 : สายอากาศและอัตรายาย

หน่วยที่ 7 : เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ระดับวัตถุประสงค์	ระดับความสำคัญ	จำนวนข้อสอบ	ข้อสอบข้อที่
1. บอกความหมายของคลื่นวิทยุได้	R	O	1	1
2. บอกประเภทของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุได้	R	I	2	2,3
3. คำนวณหาความยาวคลื่นได้	A	X	3	4,5,6
4. คำนวณหาความถี่ของคลื่นวิทยุได้	A	O	1	7
5. บอกย่านความถี่ของคลื่นวิทยุได้	R	O	1	8
6. อธิบายคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	I	2	9,10
7. อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบอนุกรมได้	R	O	1	11
8. อธิบายหลักการของวงจรเรโซแนนซ์ RLC แบบขนานได้	R	I	2	12,13
9. คำนวณหาความถี่เรโซแนนซ์ได้	A	I	2	14,15
10. อธิบายหลักการของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	R	O	1	16
11. บอกชนิดของวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ได้	R	I	2	17,18
12. อธิบายหลักการของวงจรรองความถี่ได้	R	I	2	19,20
13. ออกแบบวงจรรองความถี่ต่ำผ่านได้	A	O	1	21
14. ออกแบบวงจรรองความถี่สูงผ่านได้	A	I	2	22,23
15. ออกแบบวงจรรองย่านความถี่ผ่านได้	A	O	1	24
16. ออกแบบวงจรรองย่านความถี่ไม่ผ่านได้	A	O	1	25
17. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	R	I	2	26,27
18. อธิบายหลักการวางจรรยาบรรณของสวิตเตอร์ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	R	X	3	28,29,30
19. อธิบายหลักการทำงานของวงจรทวีคูณความถี่ได้	R	I	2	31,32

ตารางที่ ง-8 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ รหัสวิชา : 2104-2210 วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ระดับ วัตถุประสงค์	ระดับ ความ สำคัญ	จำนวน ข้อสอบ	ข้อสอบ ข้อที่
20. คำนวณหาแถบความถี่ของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม ได้	A	X	3	33,34,35
21. อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุ ระบบ เอเอ็ม ได้	R	I	2	36,37
22. อธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายความถี่สูงได้	R	I	2	38,39
23. อธิบายหลักการทำงานของวงจรขยายกำลังได้	R	O	1	40
24. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	41,42
25. อธิบายหลักการทำงานวงจรภาคกำเนิดความถี่ของเครื่อง ส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	43,44
26. อธิบายหลักการทำงานของวงจรภาคทวีคูณความถี่วิทยุได้	R	I	2	45,46
27. อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุ ระบบ เอฟเอ็ม ได้	R	I	2	47,48
28. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์ได้	R	I	2	49,50
29. อธิบายหลักการกำเนิดสัญญาณ FM สเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์ ได้	R	I	2	51,52
30. อธิบายหลักการทำงานของวงจรผสมคลื่นวิทยุระบบ เอฟเอ็ม สเตอริโอโมดูลิเฟล็กซ์ได้	R	I	2	53,54
31. บอกข้อดีและข้อเสียของเครื่องส่งวิทยุระบบ เอเอ็ม-เอฟเอ็ม ได้	R	O	1	55
32. อธิบายความหมายของสายส่งสัญญาณได้	R	O	1	56
33. บอกหน้าที่ของสายส่งสัญญาณได้	R	O	1	57
34. อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของสายส่งสัญญาณชนิด ต่างๆได้	R	I	2	58,59
35. เลือกสายโคแอกเซียลไปใช้งานได้ถูกต้อง	A	I	2	60,61
36. อธิบายโครงสร้างของท่อนำคลื่นได้	R	O	1	62
37. อธิบายลักษณะการแพร่กระจายคลื่นโหมดต่าง ๆ ได้	R	I	2	63,64
38. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในท่อนำคลื่นได้	R	O	1	65
39. คำนวณหาค่าความถี่และความยาวคลื่นทอพอในท่อนำคลื่นได้	A	I	2	66,67
40. อธิบายโหมดสูงในท่อนำคลื่นแบบต่าง ๆ ได้	R	O	1	68
41. อธิบายโครงสร้างและคุณสมบัติของแมคซิงชนิดต่าง ๆ ได้	R	I	2	69,70

ตารางที่ ง-8 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ รหัสวิชา : 2104-2210 วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ระดับ วัตถุประสงค์	ระดับ ความ สำคัญ	จำนวน ข้อสอบ	ข้อสอบ ข้อที่
42. อธิบายความหมายของสายอากาศได้	R	O	1	71
43. อธิบายลักษณะของการแพร่กระจายคลื่นออกจากสาย อากาศได้	R	I	2	72,73
44. อธิบายความยาวคลื่นในสายอากาศได้	R	I	2	74,75
45. อธิบายลักษณะขั้วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	O	1	76
46. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศได โพล ได้	R	X	3	77,78,79
47. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศ เวอร์ติคอล กราวด์ เพลน ได้	R	I	2	80,81
48. อธิบายโครงสร้างและคุณลักษณะของสายอากาศ ไอโซทรอปิกได้	R	I	2	82,83
49. อธิบายคุณสมบัติตัวชี้้นำและตัวสะท้อนของสายอากาศได้	R	I	2	84
50. อธิบายคุณสมบัติของสายอากาศแบบ หลาย ๆ ตัวนำได้	R	I	2	85
51. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ SWR มิเตอร์ได้	R	O	1	86
52. นำ SWR มิเตอร์ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	R	O	1	87
53. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของคัมมี โหลด ได้	R	O	1	88
54. นำ คัมมี โหลด ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	R	O	1	89
55. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ ดิพ มิเตอร์ ได้	A	O	1	90
56. นำ ดิพ มิเตอร์ ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	R	O	1	91
57. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องวัดความ เข้ม สนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้	R	O	1	92
58. นำเครื่องวัดความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้งานได้ อย่างถูกต้อง	R	O	1	93

ตารางที่ 8 - 8 (ต่อ)

วิชา : เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ รหัสวิชา : 2104-2210 วัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม	ระดับ วัตถุประสงค์	ระดับ ความ สำคัญ	จำนวน ข้อสอบ	ข้อสอบ ข้อที่
59. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ ได้	R	O	1	94
60. นำอิมพีแดนซ์ บริดจ์ มิเตอร์ ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1	95
61. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของ นอยส์ บริดจ์ มิเตอร์ ได้	R	O	1	96
62. นำ นอยส์ บริดจ์ ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง	A	O	1	97
63. นำเครื่องวิทยุคมนาคมไปใช้ตามพระราชบัญญัติวิทยุ- คมนาคมได้อย่างถูกต้อง	A	X	3	98,99,100
รวมทั้งสิ้น			100 ข้อ	

ตารางที่ ง-9 รายละเอียดผลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินสื่อด้านเนื้อหา โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน วิเคราะห์ตามรายการแต่ละบทเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยของบทเรียนที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	เนื้อหา มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ เชิงพฤติกรรม	4.67	4.33	4.67	4.33	4.33	4.67	4.67
2	ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	5.00	5.00	4.67	4.67	4.67	4.67
3	ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาตามขั้นตอน	4.67	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	5.00
4	ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน	5.00	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	4.67
5	ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.00	4.00	4.33	4.33	4.33	4.00	4.00
6	ความชัดเจนในการสรุปเนื้อหา	4.00	4.67	4.33	4.33	4.00	4.00	4.00
7	ความถูกต้องของภาพที่นำมาใช้	4.67	4.67	4.67	4.33	5.00	4.67	5.00
8	ความถูกต้องของภาษาที่นำมาใช้	4.67	4.33	4.67	4.33	5.00	5.00	4.67
9	ความสอดคล้องระหว่างภาพกับคำบรรยาย	4.67	4.67	4.67	4.33	4.67	5.00	4.67
10	ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	4.67	4.67	5.00	5.00	4.67	4.67	5.00
11	ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	5.00	4.67	4.67	4.67	4.67	4.67	5.00
12	ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	4.67	4.33	5.00	4.67	4.67	5.00	5.00
13	ความชัดเจนของคำถาม	5.00	5.00	4.67	4.67	4.33	4.67	4.67
14	ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.67	4.33	4.67	5.00	4.33	4.67	4.67
	รวมคะแนนรายการประเมินที่ 1-14 บทเรียนที่ 1-7	65.03	64.67	66.35	64.00	64.67	65.69	65.69
	คะแนนเฉลี่ยรายการประเมินที่ 1-14 บทเรียนที่ 1-7	4.65	4.62	4.74	4.57	4.62	4.69	4.69
รวมคะแนนแบบประเมินด้านเนื้อหาทั้งหมด 7 หน่วย เท่ากับ 65.16								
คะแนนเฉลี่ยแบบประเมินด้านเนื้อหาวิเคราะห์ตามรายการสอนแต่ละหน่วยเรียน 7 หน่วย เท่ากับ 4.65								

ตารางที่ ง-10 แสดงผลสรุปคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

บทเรียนที่	คะแนนรวม 1-14 รายการ	ค่าเฉลี่ย 1-14 รายการ	ความหมาย
1	65.03	4.65	ดีมาก
2	64.67	4.62	ดีมาก
3	66.35	4.74	ดีมาก
4	64.00	4.57	ดีมาก
5	64.67	4.62	ดีมาก
6	65.69	4.69	ดีมาก
7	65.69	4.69	ดีมาก
เฉลี่ย	65.16	4.65	ดีมาก

ตารางที่ ง-11 รายละเอียดผลคะแนนเฉลี่ยของแบบประเมินด้านสื่อการสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
จำนวน 3 คน วิเคราะห์ตามรายการแต่ละบทเรียน

ข้อที่	รายการประเมิน	คะแนนเฉลี่ยของหน่วยเรียนที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	การจัดวางรูปแบบบนอินเทอร์เน็ท	4.67	4.33	4.33	4.67	4.33	4.67	4.33
2	ความเหมาะสมในการนำเสนอบทเรียน	4.00	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.67
3	ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรโดยภาพรวม	4.00	4.00	4.33	4.33	4.67	4.33	4.67
4	ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ โดยภาพรวม	5.00	4.67	4.67	5.00	4.67	5.00	4.67
5	ความเหมาะสมของภาพกราฟิก โดยภาพรวม	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	5.00	5.00
6	บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.67	4.67	4.00	4.33	4.33	4.67	4.33
7	การป้อนกลับ (Feedback) ต่อการตอบสนองของผู้เรียนมีความเหมาะสม	4.00	4.33	4.33	4.33	4.33	4.00	4.33
8	ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	4.67	4.67	4.67	5.00	4.67	4.67	5.00
9	ความน่าสนใจเกี่ยวกับภาพเคลื่อนไหวที่ใช้	5.00	5.00	4.67	5.00	5.00	4.67	5.00
10	ความสอดคล้องระหว่างปริมาณของภาพกับปริมาณของเนื้อหา	4.33	4.33	4.67	4.33	4.67	4.33	4.33
11	ความสะดวกและง่ายต่อการใช้โปรแกรม	5.00	5.00	4.67	5.00	4.67	5.00	5.00
รวมคะแนนรายการประเมินที่ 1-11 หน่วยเรียนที่ 1-7		50.34	50.33	49.34	51.32	50.67	50.67	51.33
คะแนนเฉลี่ยรายการประเมินที่ 1-11 หน่วยเรียนที่ 1-7		4.58	4.58	4.49	4.67	4.61	4.61	4.67
เฉลี่ยคะแนนรวมแบบประเมินด้านสื่อการสอนวิเคราะห์ตามรายการสอน 7 หน่วยเรียนเท่ากับ 50.57								
คะแนนเฉลี่ยแบบประเมินด้านสื่อการสอนวิเคราะห์ตามรายการสอนแต่ละหน่วยเรียน 7 หน่วยเรียนเท่ากับ 4.60								

ตารางที่ ง-12 แสดงผลสรุปคุณภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์หนึ่ง วิชาเครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ ตาม
ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

บทเรียนที่	คะแนนรวม 1-11 รายการ	ค่าเฉลี่ย 1-11 รายการ	ความหมาย
1	50.34	4.58	ดีมาก
2	50.33	4.58	ดีมาก
3	49.34	4.49	ดี
4	51.32	4.67	ดีมาก
5	50.67	4.61	ดีมาก
6	50.67	4.61	ดีมาก
7	51.33	4.67	ดีมาก
เฉลี่ย	50.57	4.60	ดีมาก

ตารางที่ ง-13 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของ
ผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับข้อสอบของด้านเนื้อหา จำนวน 5 คน

บท เรียนที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่า เฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
1	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	4	0	+1	+1	+1	-1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	5	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	6	+1	+1	0	0	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	11	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	13	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	15	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	17	+1	0	+1	-1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	19	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	20	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
2	21	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	23	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	24	+1	+1	+1	-1	-1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	26	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

ตารางที่ ง-13 (ต่อ)

บทเรียนที่	แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
	30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	31	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	32	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	33	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	34	0	+1	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	36	0	+1	+1	0	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	37	-1	0	+1	+1	0	1	0.20	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	48	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	49	0	0	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	50	0	0	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
3	51	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	52	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	54	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	55	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	56	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	57	+1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	58	+1	+1	0	0	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	59	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	61	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

ตารางที่ ง-13 (ต่อ)

บท เรียนที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่า เฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
	62	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	63	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	65	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	66	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	67	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	68	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	69	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	70	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	71	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	72	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
4	73	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	74	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	75	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	76	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	77	0	+1	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	78	0	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	79	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	80	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	81	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	82	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	83	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	84	0	0	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	85	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	86	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	87	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	88	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	89	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	90	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	91	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	92	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	93	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

ตารางที่ ง-13 (ต่อ)

บท เรียนที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่า เฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
	94	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	95	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
5	96	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	97	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	98	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	99	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	100	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	101	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	102	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	103	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	104	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	105	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	106	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	107	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	108	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	109	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	110	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	111	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	112	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	113	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	114	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	115	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	116	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	117	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	118	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	119	0	+1	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	120	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	121	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	122	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
6	123	+1	+1	+1	-1	-1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	124	0	+1	+1	0	-1	1	0.20	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	125	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

ตารางที่ ง-13 (ต่อ)

บทเรียนที่	แบบทดสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
	126	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	127	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	128	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	129	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	130	+1	+1	+1	+1	-1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	131	-1	0	+1	+1	+1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	132	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	133	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	134	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	135	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	136	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	137	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	138	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	139	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	140	-1	0	+1	+1	+1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง/แก้ไข
	141	+1	+1	+1	-1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	142	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	143	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
7	144	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	145	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	146	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	147	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	148	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	149	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	150	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	151	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	152	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	153	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	154	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	155	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	156	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	157	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

ตารางที่ ง-13 (ต่อ)

บทเรียนที่	แบบทดสอบข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ					รวม	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
		คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่4	คนที่5			
	158	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	159	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	160	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	161	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
	162	+1	+1	+1	+1	+1	5	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

หมายเหตุ : แบบทดสอบข้อที่ไม่สอดคล้อง จำนวน 8 ข้อ คือ 4,17,24,37,123,124,131 และข้อ 140 ผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขและให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแล้ว

ตารางที่ ง-14 แสดงค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N) จำนวน 30 คน

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	ความหมาย
1	13	10	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
2	14	9	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
3	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
4	11	7	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
5	14	9	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
6	11	7	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
7	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
8	14	9	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
9	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
10	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
11	15	5	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
12	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
13	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
14	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
15	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
16	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
17	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
18	12	5	17	0.57	ดี
19	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
20	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
21	12	8	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
22	11	5	16	0.53	ดี
23	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
24	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
25	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
26	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
27	13	10	23	0.77	ค่อนข้างง่าย

ตารางที่ ง-14 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	ความหมาย
28	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
29	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
30	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
31	13	9	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
32	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
33	15	5	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
34	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
35	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
36	12	8	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
37	12	5	17	0.57	ดี
38	13	10	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
39	14	9	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
40	15	5	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
41	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
42	14	8	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
43	13	9	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
44	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
45	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
46	13	6	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
47	12	8	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
48	14	6	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
49	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
50	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
51	15	3	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
52	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
53	13	8	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
54	15	3	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
55	10	3	13	0.43	ดี

ตารางที่ ง-14 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	ความหมาย
56	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
57	14	8	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
58	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
59	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
60	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
61	13	10	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
62	12	8	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
63	15	3	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
64	9	4	13	0.43	ดี
65	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
66	9	4	13	0.43	ดี
67	9	4	13	0.43	ดี
68	14	8	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
69	14	6	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
70	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
71	12	3	15	0.50	ดี
72	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
73	10	6	16	0.53	ดี
74	10	7	17	0.57	ดี
75	12	6	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
76	13	5	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
77	12	7	19	0.63	ค่อนข้างง่าย
78	10	5	15	0.50	ดี
79	14	6	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
80	14	4	18	0.60	ค่อนข้างง่าย
81	14	10	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
82	13	8	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
83	11	7	18	0.60	ค่อนข้างง่าย

ตารางที่ ง-14 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	ความหมาย
84	12	3	15	0.50	ดี
85	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
86	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
87	12	9	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
88	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
89	15	6	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
90	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
91	14	8	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
92	14	8	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
93	12	9	21	0.70	ค่อนข้างง่าย
94	13	7	20	0.67	ค่อนข้างง่าย
95	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย
96	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
97	11	6	17	0.57	ดี
98	15	7	22	0.73	ค่อนข้างง่าย
99	15	9	24	0.80	ค่อนข้างง่าย
100	15	8	23	0.77	ค่อนข้างง่าย

หมายเหตุ จากตาราง ง-14 ได้ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) อยู่ระหว่าง 0.43 – 0.80

ตารางที่ ง-15 แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N) จำนวน 30 คน

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	$f_H - f_L$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$	ความหมาย
1	13	10	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
2	14	9	5	0.33	ปานกลาง
3	15	8	7	0.47	สูง
4	11	7	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
5	14	9	5	0.33	ปานกลาง
6	11	7	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
7	12	7	5	0.33	ปานกลาง
8	14	9	5	0.33	ปานกลาง
9	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
10	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
11	15	5	5	0.67	สูง
12	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
13	15	9	5	0.40	สูง
14	13	7	6	0.40	สูง
15	12	7	5	0.33	ปานกลาง
16	15	6	9	0.60	สูง
17	15	8	7	0.47	สูง
18	12	5	7	0.47	สูง
19	15	6	9	0.60	สูง
20	15	9	6	0.40	สูง
21	12	8	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
22	11	5	6	0.40	สูง
23	13	7	6	0.40	สูง
24	15	6	9	0.60	สูง
25	15	9	6	0.40	สูง
26	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
27	13	10	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ง-15 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	$f_H - f_L$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$	ความหมาย
28	15	8	7	0.47	สูง
29	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
30	15	7	8	0.53	สูง
31	13	9	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
32	15	6	9	0.60	สูง
33	15	5	10	0.67	สูง
34	15	8	7	0.47	สูง
35	15	7	8	0.53	สูง
36	12	8	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
37	12	5	7	0.47	สูง
38	13	10	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
39	14	9	5	0.33	ปานกลาง
40	15	5	10	0.67	สูง
41	15	6	9	0.60	สูง
42	14	8	6	0.40	สูง
43	13	9	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
44	12	7	5	0.33	ปานกลาง
45	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
46	13	6	7	0.47	สูง
47	12	8	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
48	14	6	8	0.53	สูง
49	15	9	6	0.40	สูง
50	15	8	7	0.47	สูง
51	15	3	12	0.80	สูง
52	15	7	8	0.53	สูง
53	13	8	5	0.33	ปานกลาง
54	15	3	12	0.80	สูง
55	10	3	7	0.47	สูง

ตารางที่ ง-15 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	$f_H - f_L$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$	ความหมาย
56	15	7	8	0.53	สูง
57	14	8	6	0.40	สูง
58	15	6	9	0.60	สูง
59	15	7	8	0.53	สูง
60	15	8	7	0.47	สูง
61	13	10	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
62	12	8	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
63	15	3	12	0.80	สูง
64	9	4	5	0.33	ปานกลาง
65	15	9	6	0.40	สูง
66	9	4	5	0.33	ปานกลาง
67	9	4	5	0.33	ปานกลาง
68	14	8	6	0.40	สูง
69	14	6	8	0.53	สูง
70	15	7	8	0.53	สูง
71	12	3	9	0.60	สูง
72	15	8	7	0.47	สูง
73	10	6	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
74	10	7	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
75	12	6	6	0.40	สูง
76	13	5	8	0.53	สูง
77	12	7	5	0.33	ปานกลาง
78	10	5	5	0.33	ปานกลาง
79	14	6	8	0.53	สูง
80	14	4	10	0.67	สูง
81	14	10	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ
82	13	8	5	0.33	ปานกลาง
83	11	7	4	0.27	ค่อนข้างต่ำ

ตารางที่ ง-15 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนกลุ่ม เก่งตอบถูก (f_H)	คะแนนกลุ่ม อ่อนตอบถูก (f_L)	$f_H + f_L$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$	ความหมาย
84	12	3	9	0.60	สูง
85	13	7	6	0.40	สูง
86	15	8	7	0.47	สูง
87	12	9	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
88	13	7	6	0.40	สูง
89	15	6	9	0.60	สูง
90	13	7	6	0.40	สูง
91	14	8	6	0.40	สูง
92	14	8	6	0.40	สูง
93	12	9	3	0.20	ค่อนข้างต่ำ
94	13	7	6	0.40	สูง
95	15	8	7	0.47	สูง
96	15	9	6	0.40	สูง
97	11	6	5	0.33	ปานกลาง
98	15	7	8	0.53	สูง
99	15	9	6	0.40	สูง
100	15	8	7	0.47	สูง

หมายเหตุ จากตาราง ง-15 ได้ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80

ตารางที่ ง-16 แสดงค่าความแปรปรวน (S^2) ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ(N)
จำนวน 30 คน

ผู้เข้าสอบคนที่	X	X ²
1	88	7744
2	84	7056
3	82	6724
4	81	6561
5	81	6561
6	80	6400
7	80	6400
8	77	5929
9	75	5625
10	75	5625
11	74	5476
12	74	5476
13	73	5329
14	72	5184
15	70	4900
16	69	4761
17	65	4225
18	62	3844
19	60	3600
20	59	3481
21	56	3136
22	56	3136
23	55	3025
24	54	2916
25	54	2916
26	52	2704
27	50	2500
28	49	2401

ตารางที่ ง-16 (ต่อ)

ผู้เข้าสอบคนที่	X	X ²
29	49	2401
30	47	2209
รวม	$\Sigma X = 2003$	$\Sigma X^2 = 138245$

การหาค่าความแปรปรวน

$$\text{สูตร} \quad S_t^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{30(138245) - (2003)^2}{30(30-1)}$$

ดังนั้นค่าความแปรปรวน 155.56

ตารางที่ ง-17 แสดงค่าความเชื่อมั่น KR-20 ของแบบทดสอบจำนวน 100 ข้อ โดยมีผู้เข้าสอบ (N)
จำนวน 30 คน

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$q(1-p)$	pq
1	23	0.77	0.23	0.18
2	23	0.77	0.23	0.18
3	23	0.77	0.23	0.18
4	18	0.60	0.40	0.24
5	23	0.77	0.23	0.18
6	18	0.60	0.40	0.24
7	19	0.63	0.37	0.23
8	23	0.77	0.23	0.18
9	24	0.80	0.20	0.16
10	24	0.80	0.20	0.16
11	20	0.67	0.33	0.22
12	24	0.80	0.20	0.16
13	24	0.80	0.20	0.16
14	20	0.67	0.33	0.22
15	19	0.63	0.37	0.23
16	21	0.70	0.30	0.21
17	23	0.77	0.23	0.18
18	17	0.57	0.43	0.25
19	21	0.70	0.30	0.21
20	24	0.80	0.20	0.16
21	20	0.67	0.33	0.22
22	16	0.53	0.47	0.25
23	20	0.67	0.33	0.22
24	21	0.70	0.30	0.21
25	24	0.80	0.20	0.16
26	24	0.80	0.20	0.16
27	23	0.77	0.23	0.18

ตารางที่ ง-17 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$q(1-p)$	pq
28	23	0.77	0.23	0.18
29	24	0.80	0.20	0.16
30	22	0.73	0.27	0.20
31	22	0.73	0.27	0.20
32	21	0.70	0.30	0.21
33	20	0.67	0.33	0.22
34	23	0.77	0.23	0.18
35	22	0.73	0.27	0.20
36	20	0.67	0.33	0.22
37	17	0.57	0.40	0.25
38	23	0.77	0.23	0.18
39	23	0.77	0.23	0.18
40	20	0.67	0.33	0.22
41	21	0.70	0.30	0.21
42	22	0.73	0.27	0.20
43	22	0.73	0.27	0.20
44	19	0.63	0.37	0.23
45	24	0.80	0.20	0.16
46	19	0.63	0.37	0.23
47	20	0.67	0.33	0.22
48	20	0.67	0.33	0.22
49	24	0.80	0.20	0.16
50	23	0.77	0.23	0.18
51	18	0.60	0.40	0.24
52	22	0.73	0.27	0.20
53	21	0.70	0.30	0.21
54	18	0.60	0.40	0.24
55	13	0.43	0.57	0.25

ตารางที่ ง-17 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$q(1-p)$	pq
56	22	0.73	0.27	0.20
57	22	0.73	0.27	0.20
58	21	0.70	0.30	0.21
59	22	0.73	0.27	0.20
60	23	0.77	0.23	0.18
61	23	0.77	0.23	0.18
62	20	0.67	0.33	0.22
63	18	0.60	0.40	0.24
64	13	0.43	0.57	0.25
65	24	0.80	0.20	0.16
66	13	0.43	0.57	0.25
67	13	0.43	0.57	0.25
68	22	0.73	0.27	0.20
69	20	0.67	0.33	0.22
70	22	0.73	0.27	0.20
71	15	0.50	0.50	0.25
72	23	0.77	0.23	0.18
73	16	0.53	0.47	0.25
74	17	0.57	0.43	0.25
75	18	0.60	0.40	0.24
76	18	0.60	0.40	0.24
77	19	0.63	0.37	0.23
78	15	0.50	0.50	0.25
79	20	0.67	0.33	0.22
80	18	0.60	0.40	0.24
81	24	0.80	0.20	0.16
82	21	0.70	0.30	0.21
83	18	0.60	0.40	0.24

ตารางที่ ง-17 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูก ($f_H + f_L$)	$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$q(1-p)$	pq
84	15	0.50	0.50	0.25
85	20	0.67	0.33	0.22
86	23	0.77	0.23	0.18
87	21	0.70	0.30	0.21
88	20	0.67	0.33	0.22
89	21	0.70	0.30	0.21
90	20	0.67	0.33	0.22
91	22	0.73	0.27	0.20
92	22	0.73	0.27	0.20
93	21	0.70	0.30	0.21
94	20	0.67	0.33	0.22
95	23	0.77	0.23	0.18
96	24	0.80	0.20	0.16
97	17	0.57	0.43	0.25
98	22	0.73	0.27	0.20
99	24	0.80	0.20	0.16
100	23	0.77	0.23	0.18
รวม				20.60

การหาความเชื่อมั่น

$$\text{สูตร} \quad r_u = \frac{K}{(K-1)} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

$$r_u = \frac{20}{(20-1)} \left\{ 1 - \frac{20.60}{155.56} \right\}$$

ดังนั้นได้ค่าความเชื่อมั่น 0.88

ตารางที่ ง-18 แสดงค่าความยากง่ายค่าอำนาจจำแนก และ ค่าความเชื่อมั่นของแบบฝึกหัด
แต่ละหน่วย

หน่วยที่	ชื่อหน่วย	P	R	St ²	rtt
1	ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	0.77	0.38	10.8	0.712
2	วงจรเรโซแนนซ์และวงจรรองความถี่	0.76	0.37	12.04	0.742
3	เครื่องส่งวิทยุระบบ AM	0.76	0.31	11.72	0.731
4	เครื่องส่งวิทยุระบบ FM	0.58	0.39	12.05	0.718
5	สายนำสัญญาณและท่อนำคลื่น	0.73	0.42	11.64	0.704
6	สายอากาศและอัตราขยาย	0.77	0.43	12.66	0.765
7	เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ	0.76	0.44	12.67	0.750
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	0.69	0.42	155.56	0.876

- ข้อมูลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 30 คน
ตารางที่ ง-19 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนของกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน								คะแนน หลังเรียน 100
	1	2	3	4	5	6	7	รวม	
	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 140	
1	17	15	20	15	19	15	16	117	78
2	16	15	15	17	19	15	19	116	81
3	16	17	19	18	19	18	18	125	85
4	18	15	16	17	19	15	16	116	83
5	17	16	18	17	18	18	19	123	92
6	19	17	16	14	16	15	17	114	83
7	17	16	19	17	16	13	18	116	91
8	17	15	14	15	17	14	16	108	77
9	16	17	15	15	17	16	14	110	79
10	19	19	16	17	18	17	18	124	91
11	17	16	15	17	17	15	17	114	80
12	16	19	15	16	18	15	17	116	89
13	17	16	16	17	17	18	17	118	84
14	19	19	17	19	20	16	18	128	81
15	19	15	19	16	17	18	20	124	89
16	17	17	19	19	17	18	20	127	75
17	16	15	19	16	18	18	17	119	93
18	17	16	19	15	17	15	16	115	89
19	14	16	20	16	16	17	19	118	91
20	18	17	20	16	17	18	19	125	87
21	16	14	16	15	19	17	17	114	90
22	18	16	17	15	15	17	15	113	86
23	16	16	20	15	16	15	20	118	78
24	16	14	17	16	15	16	18	112	88
25	17	15	18	16	15	18	17	116	84

ตารางที่ ง-19 (ต่อ)

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน								คะแนน หลังเรียน 100
	1	2	3	4	5	6	7	รวม	
	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 140	
26	19	15	19	15	15	17	16	116	75
27	20	17	18	16	18	16	17	122	82
28	17	18	16	16	18	15	15	115	75
29	19	16	20	16	18	17	20	126	83
30	19	17	20	15	16	17	16	120	82
รวม	519	486	528	484	517	489	522	3545	2521
ร้อยละ	86.50	81.00	88.00	80.67	86.17	81.50	87.00	84.40	84.03
ค่าเฉลี่ย								118.17	84.03
ค่าร้อยละ								84.40	84.03

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ (E₁:E₂) ขึ้นทดลองเชิงปฏิบัติการ

$$\text{สูตร} \quad E_1 = \frac{\sum X/N}{A} \times 100$$

$$E_1 = \frac{3545/30}{140} \times 100 = 84.40$$

$$\text{สูตร} \quad E_2 = \frac{\sum F/N}{B} \times 100$$

$$E_2 = \frac{2521/30}{100} \times 100 = 84.03$$

ตารางที่ ง-20 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนของกลุ่มทดลองจำนวน 6 คน

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน								คะแนน หลังเรียน
	1	2	3	4	5	6	7	รวม	
	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 20	เต็ม 140	
1	16	16	16	17	16	18	16	115	80
2	18	17	18	17	17	17	17	121	84
3	17	17	16	18	16	16	17	117	85
4	16	16	17	16	17	16	17	115	82
5	17	17	18	19	16	17	17	121	85
6	18	18	16	17	16	17	19	121	83
รวม	102	101	101	104	98	101	103	710	499
ค่าเฉลี่ย								118.33	83.17
ค่าร้อยละ								84.52	83.17

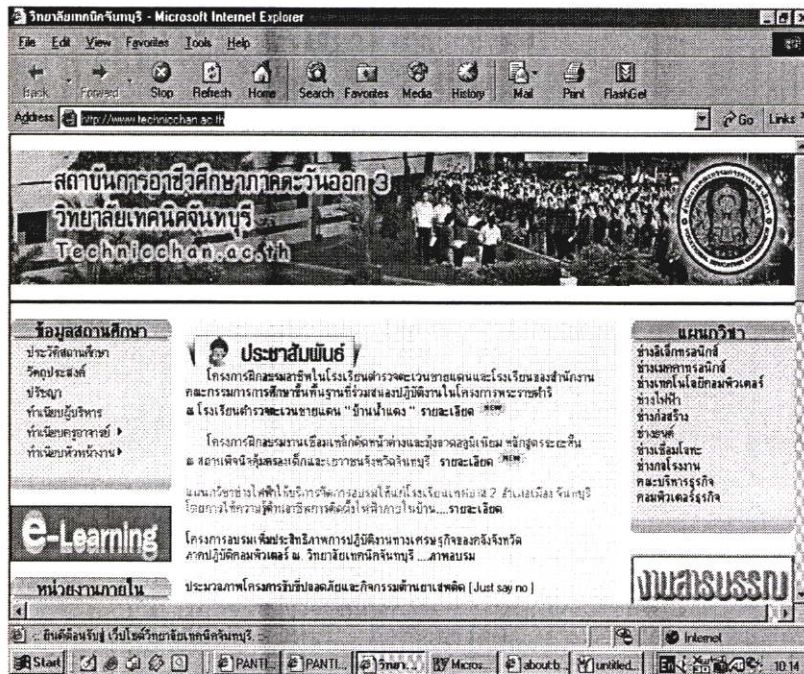
ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้และตัวอย่างบทเรียน

คู่มือการใช้งาน

การเรียกเปิดโปรแกรมเพื่อเข้าสู่บทเรียน

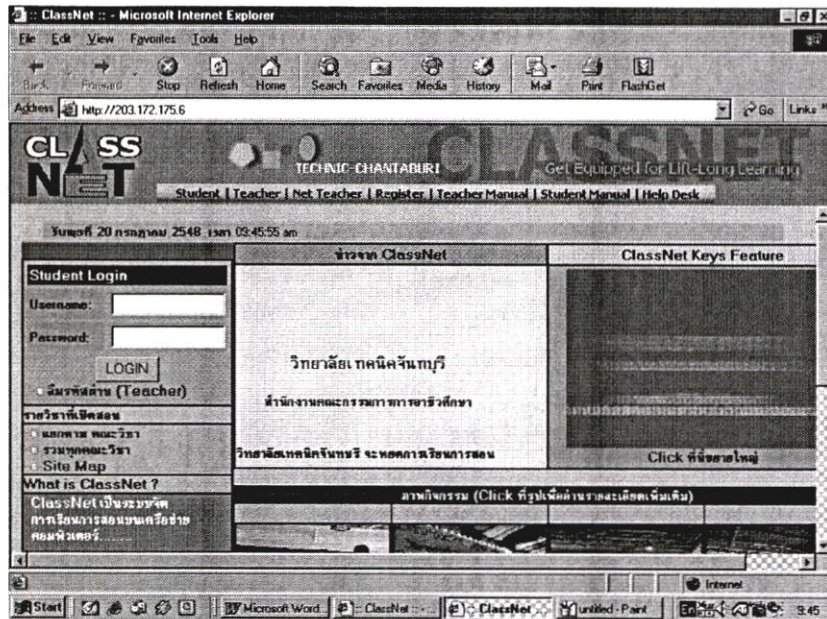
1. เปิดเครื่องเข้าสู่ระบบปฏิบัติการ Windows
2. เปิดโปรแกรมประเภทบราวเซอร์ เช่น Internet Explore , Netscape เป็นต้น แล้วพิมพ์ลงในช่อง Address <http://www.technicchan.ac.th> หรือ <http://203.172.175.6> ตามรูป
3. เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่ ปุ่ม GO หรือ กดปุ่ม ENTER จะปรากฏหน้าจอดังนี้



4. เลื่อนเมาส์ไปคลิกที่ รายการ



จะปรากฏภาพดังนี้



5. เลือกเมนู Student แล้วใส่ Username และ Password ของตัวเองลงในช่องตามรูป

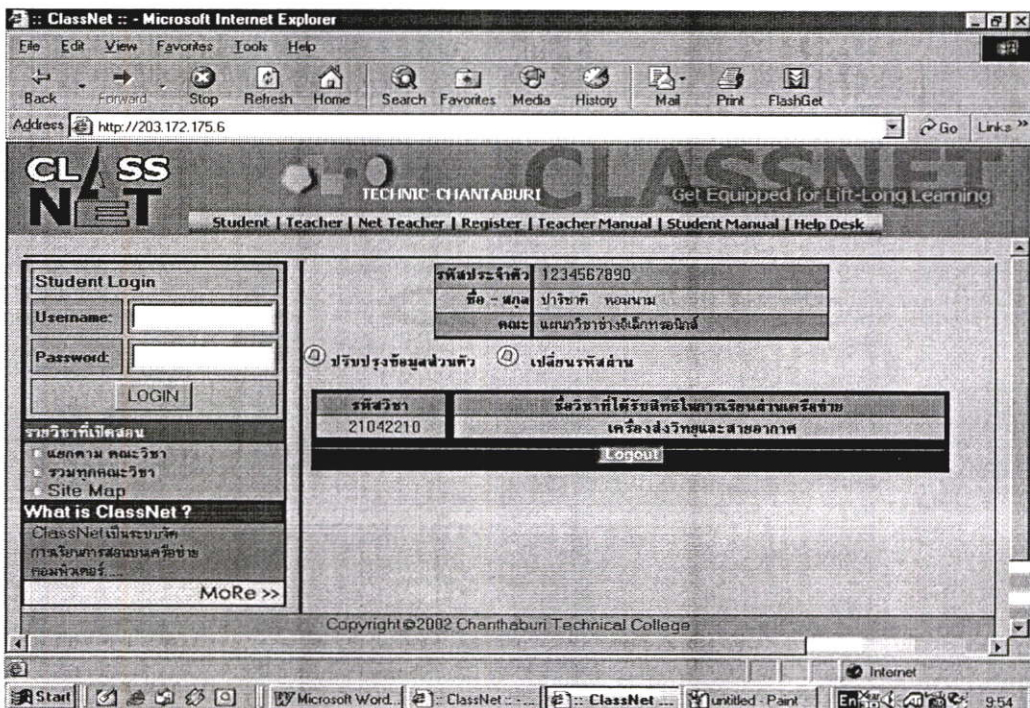
Student Login

Username:

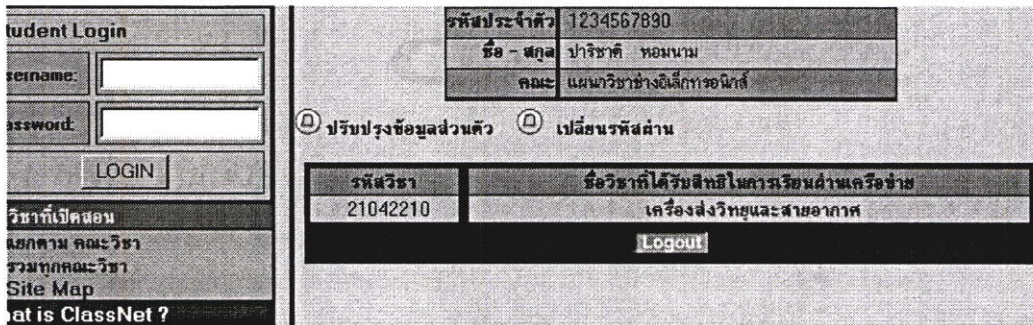
Password:

ลืมรหัสผ่าน (Teacher)

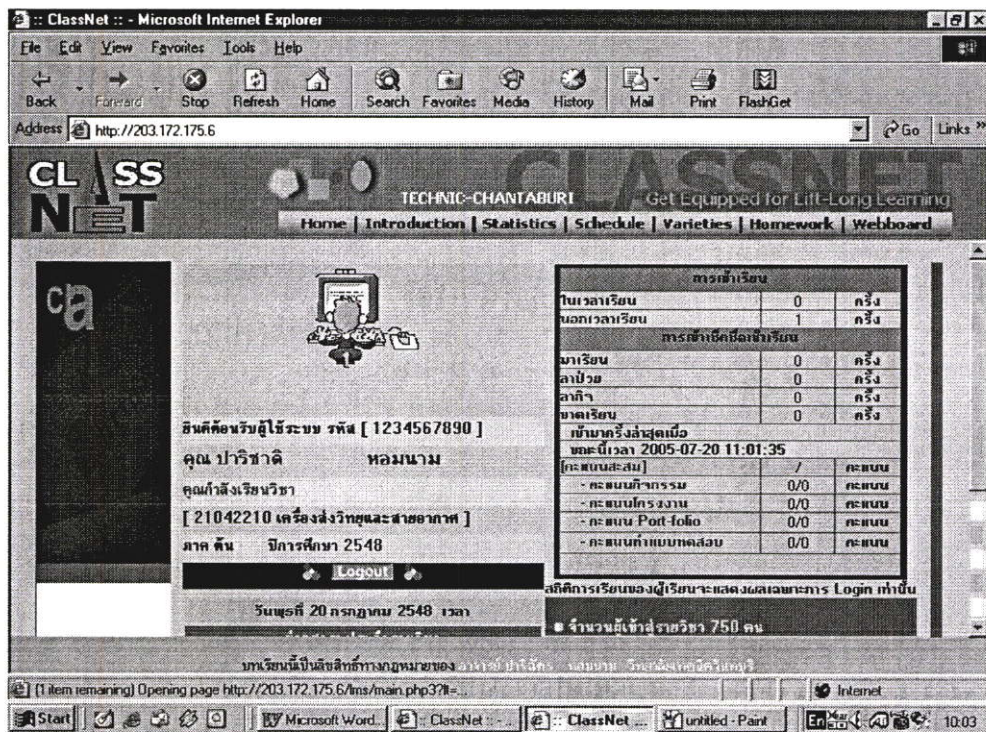
6. คลิกที่ปุ่ม LOGIN จะ ปรากฏหน้าจอดังนี้



7. เลือก รายการวิชา ที่ลงทะเบียนเรียนไว้ ตามตัวอย่างคือ เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ




8. จะปรากฏหน้าจอดังนี้



9. เลือกเมนู Introduction เพื่อ ศึกษา คำอธิบายรายวิชา

Introduction :: Course Syllabus



ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับย่านความถี่ คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คุณลักษณะสมบัติของ RLC ในเครื่องส่งวิทยุ วงจรของคลื่นวิทยุแบบ R-CR-L-CR-L-C วงจร tune และหน่วยวัด Impedance dB Attenuation ratio Response Curve Band Width gain (Q) เครื่องส่งวิทยุ วงจร Oscillator วงจรขยายความถี่สูง วงจรขยายกำลังความถี่สูง วงจรทวีคูณความถี่วิทยุ วงจรผสมคลื่นความถี่วิทยุแบบ AM-FM โครงสร้างและคุณสมบัติพื้นฐานของสายอากาศ การส่งวิทยุโดยผ่านสายส่ง สายคู่ขนาน สายโคแอกเชียล ท่อนำคลื่น การวัดและทดสอบการทำงานของวงจรเครื่องส่งวิทยุด้วย เครื่อง Dip Meter Wattmeter SWR meter Impedance meter dB meter Field strength meter กฎระเบียบข้อบังคับเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในงานส่งวิทยุและ ระบบสายอากาศ

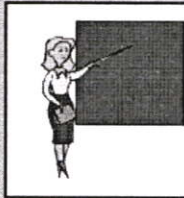
[ยังไม่ได้กำหนดสังเขปรายวิชา] [สมาชิกรายวิชา]

10. เลือกเมนู Home เพื่อกลับสู่หน้าหลัก

11. เลือกเมนู Statistics เพื่อตรวจดู

- รายชื่อนักศึกษา
- ตรวจสอบเวลาเรียน
- แสดงเกรด

Statistics ::



- 1 รายชื่อนักศึกษา
- 2 ตรวจสอบเวลาเรียน
- 3 แสดงเกรด

12. เลือกเมนู รายชื่อนักเรียน หน้าจอจะปรากฏรายชื่อนักเรียนทั้งหมดทั้งลงทะเบียนเรียนในวิชานี้

Click ที่ชื่อเพื่อดูรายละเอียด เป็นรายบุคคล

▶ BACK

ที่	รหัส	ชื่อ-สกุล
1	1234567890	ปาริชาติ หอมนาม
2	4721040101	นายกนก ันนทสุข
3	4721040102	นายกฤตกานต์ แซ่ลี
4	4721040103	นายกิตติคุณ ประสาทแก้ว
5	4721040104	นายเกียรติคุณ พูลศรีงาม
6	4721040105	นายโกเมศ ปลั่งกลาง
7	4721040107	นายเจษฎา แซ่รัตนพันธ์

13. เลือกที่รายชื่อตัวเอง เพื่อจะตรวจดู

- ข้อมูลส่วนตัว เช่น รหัส ประจำตัว ชื่อ นามสกุลคณะตามตัวอย่างคือ รหัสส่วนตัว 1234567890 ชื่อ ปารีชาติ หอมนาม คณะ แผนกช่างอิเล็กทรอนิกส์
- ข้อมูลการเข้าเรียน
- ข้อมูลการเช็คชื่อ
- ข้อมูลการทำกิจกรรมและการสอบ จะปรากฏหน้าจอดังนี้


รายวิชา 21042210 เครื่องส่งวิทยุและสายอากาศ

รหัสประจำตัว 1234567890

ชื่อ ปารีชาติ

สกุล หอมนาม

คณะ วิศวกรรมช่างอิเล็กทรอนิกส์



ภาพเข้าเรียน		
ภาพเข้าเรียนในเวลา	1 ครั้ง	
เข้านเรียนนอกเวลา		
ครั้งที่	ว/ค/ป	เวลา
1	20 กรกฎาคม 2548	11:01:35

ภาพเช็คชื่อ	
มาเรียน	0 ครั้ง
ลาป่วย	0 ครั้ง
ลากิจ	0 ครั้ง
ขาดเรียน	0 ครั้ง

ภาพทำกิจกรรมและการสอบ			
ลำดับที่	กิจกรรม	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
	รวม	0	0
	คิดเป็น		

14. กดปุ่ม BACK 2 ครั้ง เพื่อกลับมายังหน้า Stistics

15. เลือกเมนู ตรวจสอบเวลาเรียน จะปรากฏข้อมูลของนักเรียนทุกคนที่ลงทะเบียนเรียนตามหน้าจอดังนี้

กดที่ชื่อเพื่อดูรายละเอียดรายบุคคล

รหัส	ชื่อ-สกุล	เข้าเรียนตามตารางเรียน (ครั้ง)	เข้าเรียนนอกตารางเรียน (ครั้ง)	มาเรียน	ลาป่วย	ลากิจ	ขาดเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็น
1234567890	ปารีชาติ หอมนาม	1	1	0	0	0	0			0 %
4721040101	นายกนก จันทสุข	1	2	10	0	0	0	20	16	80.00 %
4721040102	นายกฤตกานต์ แซ่ลี	1	0	10	0	0	0	20	17	85.00 %

16. กดปุ่ม BACK เพื่อกลับมายังหน้า Stistics

17. เลือกเมนู แสดงเกรด เพื่อดูเกรด จะปรากฏหน้าจอดังนี้

BACK			
รหัส	ชื่อ-สกุล	เกรด	หมายเหตุ
1234567890	ปาริชาติ หอมนาม	เกรดยังไม่ออก	
4721040101	นายกษมา จันทสุข	เกรดยังไม่ออก	
4721040102	นายกฤตภัทร แซ่ลี	เกรดยังไม่ออก	
4721040103	นายกิตติคุณ ประสาธแก้ว	เกรดยังไม่ออก	
4721040104	นายนิยรัศมิ์กุล พูลศรีงาม	เกรดยังไม่ออก	
4721040105	นายโพนศ บั้งกลาง	เกรดยังไม่ออก	
4721040107	นายเจษฎา แซ่รัตนันท์	เกรดยังไม่ออก	

18. กดปุ่ม BACK เพื่อกลับไปหน้า Stistics หรือ เลือก เมนู Schedule

ตารางเรียน ตารางสอบ จะปรากฏหน้าจอเป็น

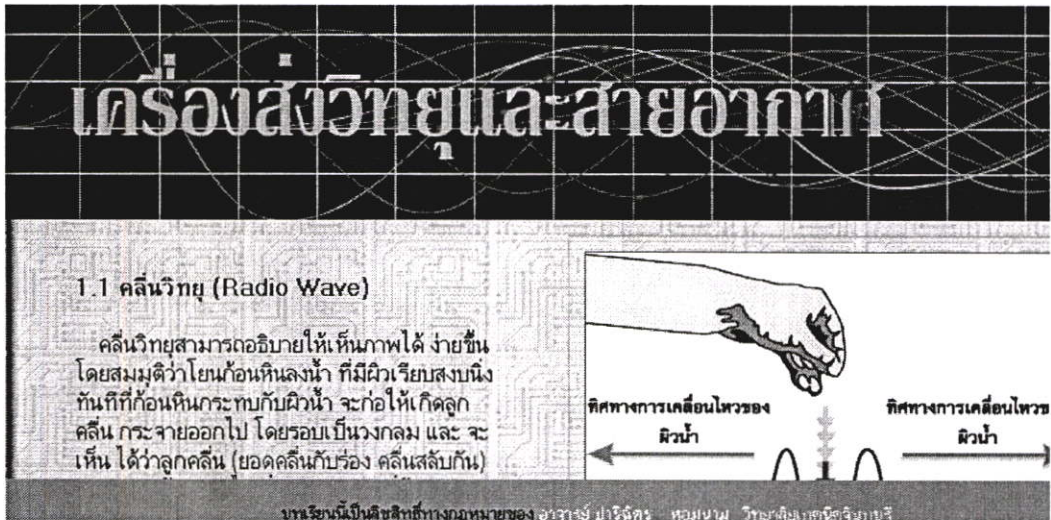
- ตารางเนื้อหาวิชาที่เรียน
- ตารางแบบทดสอบ

นักเรียนสามารถเลือกรายการเนื้อหาที่ต้องการจะเรียน และแบบทดสอบที่ต้องทำ ดังปรากฏหน้าจอดังนี้

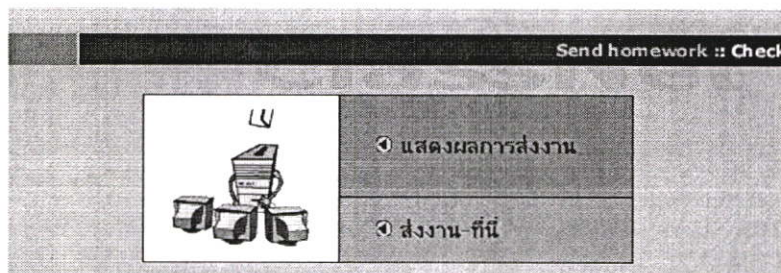
Learning Activities :: Schedule		
ลำดับ	เนื้อหา	วัน/เดือน/ปี
1	หน่วยที่ 5 สายส่งสัญญาณและท่อนำคลื่น	2005-05-16 08:00:00
2	หน่วยที่ 1 ฮ่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	2005-05-22 08:00:00
3	หน่วยที่ 2 วงจรรีโชนนซ์และวงจรรองความถี่	2005-05-22 08:00:00
4	หน่วยที่ 3 เครื่องส่งวิทยุระบบเอเอ็ม (AM)	2005-05-22 08:00:00
5	หน่วยที่ 4 เครื่องส่งระบบเอฟเอ็ม (FM)	2005-05-22 08:00:00
6	หน่วยที่ 6 สายอากาศและอัตรายาว	2005-05-22 08:00:00
7	หน่วยที่ 7 เครื่องมือทดสอบและกฎระเบียบข้อบังคับ	2005-05-22 08:00:00

ลำดับที่	ชื่อแบบทดสอบ
1	ฮ่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ครั้งที่ 1
2	เครื่องส่งระบบเอเอ็ม (AM) ครั้งที่ 1
3	วงจรรีโชนนซ์และวงจรรองความถี่ ครั้งที่ 1

19. ตัวอย่างเลือกเมนู รายการเนื้อหา หน่วยที่ 1 ย่านความถี่และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะปรากฏ หน้าจอดังนี้



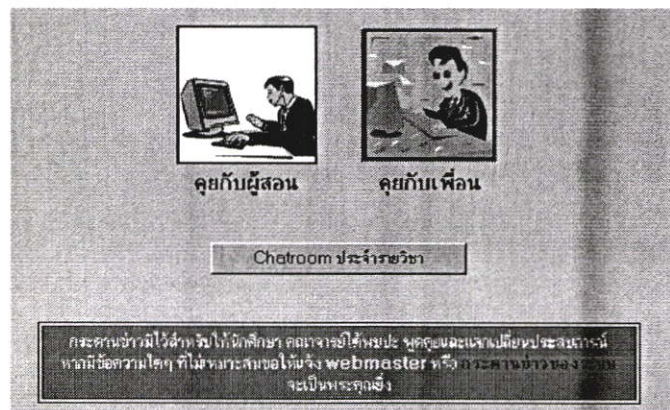
20. กดปุ่ม BACK เพื่อกลับหน้า Schedule ตารางเรียน ตารางสอบ เพื่อเลือกเมนูเนื้อหา รายการอื่นๆ
21. หน้า Schedule ตารางแบบทดสอบ กดเลือกแบบทดสอบ เพื่อทำส่ง
22. เลือกเมนู Varieties สาระนั้นรู้ เพื่อดูข่าวสารสาระของทางผู้ดูแลระบบ
23. เลือกเมนู Homework ส่งงาน ตรวจสอบผลการส่งงาน จะปรากฏเมนูหน้าจอดังนี้
- แสดงผลการส่งงาน
 - ส่งงาน-ที่นี่
24. เลือกเมนู แสดงผลการส่งงาน ปรากฏหน้าจอดังนี้



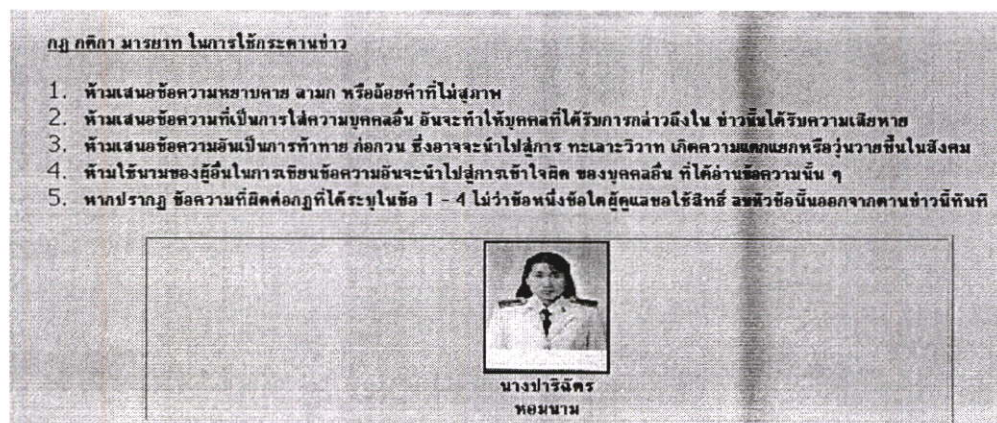
25. เลือกเมนู ส่งงาน-ที่นี่ เพื่อทำการส่งงานหรือกิจกรรมที่ทำ



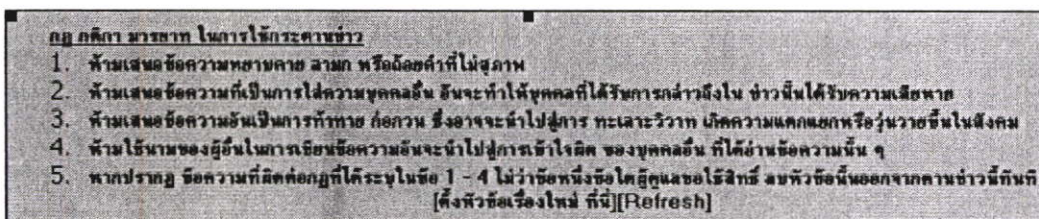
26. เลือกเมนู Webboard กระดานข่าว-ห้องสนทนา เพื่อนักเรียนสามารถคุยกับเพื่อนที่เข้าเรียนด้วยกันหรือกับครูผู้สอนได้ ดังปรากฏหน้าจอ ดังนี้



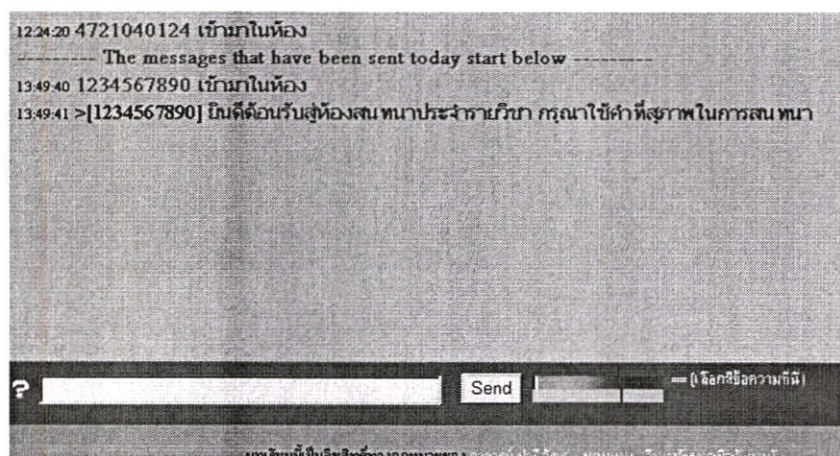
27. เลือกเมนูคุยกับผู้สอน จะปรากฏกฎกติกา มารยาท ในการใช้กระดานข่าว ปรากฏหน้าจอ ดังนี้



28. ถ้าเลือกเมนู คุยกับเพื่อน ก็ จะเห็นกฎกติกา มารยาท และหัวข้อกระทู้ที่เพื่อนตั้งไว้ ดังปรากฏหน้าจอดังนี้



29. อ่านกติกาแล้วกดปุ่ม BACK กลับมาที่หน้าหลักของ Webboard กดที่ปุ่ม Chatroom ประจำรายวิชา จะปรากฏหน้าจอดังนี้



30. กดปุ่ม BACK เพื่อกลับมาที่หน้าหลักของ Webboard
 31. เลือกเมนู Home เพื่อกลับไปหน้าแรก
 32. คลิกที่ Logout เมื่อต้องการเลิกหรือออกจากระบบการเรียน
 33. การเรียนมีปัญหา ส่งอีเมลล์ถึงผู้สอนได้ที่ parichat_h@Mthai.com หรือ โทรมาที่ 01-8613392

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางปาริฉัตร หอมนาม
วัน เดือน ปีเกิด	18 มีนาคม 2511
สถานที่เกิด	อำเภอท่าใหม่ จังหวัด จันทบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	160/4 หมู่ที่ 12 ตำบลเขาบายศรี อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี
สถานที่ทำงาน	วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี ถนนจันทคามวิถี ตำบลตลาด อำเภอเมือง จังหวัด จันทบุรี
ตำแหน่ง	ครู ระดับ 2
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2540 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร จากสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง