สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ELECTRONICS LECTURE ON SEMICONDUCTOR DEVICE

สุรศักดิ์ อินทร์จันทร์
SURASAK INCHAN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....60904
วัน,เดือน,ปี.....- 6 ก.ค. 2549

b.....11501584
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1768-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRONICS LECTURE ON SEMICONDUCTOR DEVICE

SURASAK INCHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN
ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974-15-1768-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
ชื่อนักศึกษา	นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์
รหัสประจำตัว	43064611
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ สร้างจากโปรแกรมพิมพ์ครู และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.63 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.53 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.88 และผลการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.58/81.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Electronics Lecture on Semiconductor Device
Student	Mr. Surasak Inchan
Student ID	43064611
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communications Engineering
Year	2005
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Surasit Ratree
Thesis Co-Advisor	Dr. Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and evaluate the efficiency of the Electronics Lecture on Semiconductor Device. The hypothesis of this study was that the Electronics Lecture on Semiconductor Device could be used effectively in the class base on the efficiency criteria of 80/80.

Twenty students from the Electronics Technology Department of Phetchaburi Rajabhat University were randomly selected to participate in the study with Simple Random Sampling.

Research instruments were the Electronics Lecture on Semiconductor Device and the achievement test were multiple choice for 40 items possessing the Index of Item Objective Congruence value of 0.80-1.00, difficulty of 0.43-0.63, discrimination of 0.20-0.53, reliability of 0.88 and specialist opinions toward the multimedia revealed 4.19 of arithmetic mean and 0.51 of standard deviation.

The research revealed that the Electronics Lecture on Semiconductor Device had the efficiency of 82.58/81.25 which met the criteria of 80/80.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัย รวมทั้งแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขข้อบกพร่อง เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้ คือ ผศ.กิติพงค์ มะโน ผศ.ปัญญา ทองนิล ผศ.ธนกฤต ทองคล้ำ อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล่ำ และอาจารย์วันชัย ซันประสิทธิ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาในการประเมินคุณภาพแบบประเมินต่างๆ รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างดียิ่งต่อการปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการจัดทำวิทยานิพนธ์ จนประสบความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง ที่ได้ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา และตลอดจน ญาติ พี่-น้อง ที่ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆ และบุคคลที่ผู้วิจัยไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่ให้การสนับสนุน ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนผลงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู-อาจารย์ ทุกท่าน ด้วยความเคารพยิ่ง

สุรศักดิ์ อินทร์จันทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญภาพ.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย.....4

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....4

1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....5

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....5

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....6

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....7

2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1.....7

2.2 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ.....10

2.3 การออกแบบระบบการเรียนการสอน.....19

2.4 สื่อประสม.....27

2.5 บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์.....29

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน.....30

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....36

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....36

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....36

3.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....43

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....47

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....48

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....52

4.1 การวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย.....52

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์.....54

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....57

5.1 สรุปผลการวิจัย.....57

5.2 อภิปรายผล.....59

5.3 ข้อเสนอแนะ.....61

บรรณานุกรม.....63

ภาคผนวก.....65

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....66

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....74

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....94

ภาคผนวก ง ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000.....108

ภาคผนวก จ ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์.....127

ประวัติผู้เขียน.....134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 การแปลความหมายค่าร้อยละหรือสัดส่วนของความยากง่าย.....45

3.2 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก.....46

4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย.....53

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์.....55

6.1 ผลการประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....95

6.2 ผลการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยในแต่ละด้าน.....96

6.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา.....97

6.4 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ N=30.....101

6.5 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบ และค่าคะแนนกำลังสอง เพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน.....104

6.6 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียนของกลุ่มตัวอย่าง.....106

6.7 ผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง.....107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 โครงสร้างอะตอมของซิลิคอนแบบสองมิติ....11

2.2 ผลึกซิลิคอน....11

2.3 ภาพเสมือน 2 มิติของโครงสร้างผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์....12

2.4 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อมีช่องว่างเกิดขึ้น....13

2.5 สารกึ่งตัวนำชนิด n....16

2.6 สารกึ่งตัวนำชนิด p....16

2.7 การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n....17

2.8 บริเวณปลอดพาหะภายในสารกึ่งตัวนำ pn....18

2.9 องค์ประกอบของระบบที่สมบูรณ์....21

2.10 ระบบการสอนของเกอร์ลาซและอีลี....24

3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์....39

3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันวิทยาการและเทคโนโลยีต่างๆ มีความเจริญก้าวหน้ามาก ทำให้ส่งผลกระทบถึงการดำรงค์ชีวิตของมนุษย์ในทุกด้าน รวมถึงทางด้านการศึกษาซึ่งเป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญในการถ่ายทอดเทคโนโลยี วัฒนธรรม ความเจริญ โดยผู้ถ่ายทอดหรือผู้สอนต้องอาศัยสื่อการสอนรูปแบบต่างๆ เพื่อให้การสอนมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นสถาบันการศึกษาต่างๆ ต้องมีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงระบบการเรียนการสอนและวิธีการสอนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีต่างๆ โดยมีการพัฒนาวิธีการเรียนการสอนแบบใหม่เพื่อทำให้สามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่นักเรียน นักศึกษา ให้มีความเข้าใจในบทเรียนนั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการผสมผสานรูปแบบการเรียนการสอนหลากหลายรูปแบบ โดยนำเอาจุดเด่นของรูปแบบการเรียนการสอนแบบหนึ่ง ไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนอีกรูปแบบหนึ่ง หรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการเรียนรู้ใหม่ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาใช้กับกระบวนการเรียนการสอน ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้แนวใหม่ กระบวนการเรียนรู้แนวใหม่นี้เป็นการเรียนการสอนในรูปแบบที่ใช้สื่อหลายมิติมาเป็นองค์ประกอบในการถ่ายทอดความรู้ เมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้โดยใช้สื่อประกอบการเรียนการสอน ผู้เรียนจะได้รับการถ่ายทอดความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้เรียนอาจมีประสบการณ์ในการเรียนรู้แบบใหม่ ส่วนการนำเสนอเนื้อหาที่อยู่ในรูปสื่อหลายแบบนั้นมักใช้แผ่นซีดีรอม (CD-ROM) เป็นอุปกรณ์ในการเก็บบันทึกข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ เมื่อนำไปใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์จะสามารถแสดงภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและเสียงที่สร้างความเร้าใจและกระตุ้นความสนใจในการเรียนรู้ การใช้ซีดีรอมประกอบกับสื่อหลากหลายชนิดรวมอยู่ด้วยกันจะเป็นสื่อแบบมัลติมีเดีย (Multimedia) หรือสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมใช้ในการเรียนการสอนปัจจุบัน

การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยทางด้านคอมพิวเตอร์เข้ามาเป็นองค์ประกอบร่วมในการเรียนการสอน โดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการเรียนรู้ ซึ่งในปัจจุบันมีรูปแบบการเรียนการสอนหลายรูปแบบ เช่น บทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Assisted Instruction : CAI) คอมพิวเตอร์ช่วยการฝึกอบรม (Computer Based Training : CBT) เป็นต้น เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์กำลังมีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ๆ เพื่อช่วยให้นักเรียน นักศึกษาสามารถเข้าใจบทเรียนต่างๆ ได้อย่างแท้จริง โดยสามารถใช้ประกอบการเรียนในห้องเรียนหรือนำไปเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง ไม่ว่าบทเรียนนั้นจะเป็นวิชาเชิงทฤษฎี หรือเชิงปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชำนาญ และเกิดทักษะ ซึ่งกระบวนการเรียนรู้เชิงทักษะโดยอาศัยคอมพิวเตอร์จะมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถกระทำ หรือปฏิบัติงานตามจุดประสงค์ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจ ด้วยเหตุนี้สถาบันการศึกษาต่างๆ จึงพยายามค้นคว้าหาวิธีการเรียนรู้หรือถ่ายทอดกระบวนการเรียนการสอนแบบใหม่ๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดกระบวนการเรียนรู้ในรูปแบบต่างๆ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นสถาบันการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีอีกแห่งหนึ่ง ที่พยายามค้นคว้าวิจัยหาวิธีการเรียนรู้หรือกระบวนการเรียนรู้แนวใหม่ โดยนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ เพื่อทำให้กระบวนการเรียนรู้แนวใหม่เกิดขึ้น โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ร่วมกับกล้องดิจิตอลและไมโครโฟน เพื่อบันทึกภาพเหตุการณ์ทั้งข้อความ เนื้อหา พร้อมอริยบทของผู้บรรยาย แล้วจัดเก็บรายละเอียดทั้งหมดในรูปแบบของสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ จะได้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับการทบทวนบทเรียนด้วยตนเองที่มีบรรยากาศเสมือนการบรรยายจริง (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 1)

การสร้างสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการสอนดังกล่าว จะใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า " พิมพ์ครู " (Presentational Instruction Media Creator : PIMC) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยให้การใช้โปรแกรม PowerPoint ปกติธรรมดากลายเป็นโปรแกรมที่จะช่วยสร้างบทเรียนสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ ได้โดยผู้บรรยายหรือผู้สอนเอง โดยไม่ต้องมีผู้ช่วย (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 20) โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย โครงการสำนักนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา ร่วมกับ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โปรแกรมพิมพ์ครูจะใช้งานร่วมกับโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP ขั้นตอนการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมพิมพ์ครู คือ ทำการติดตั้งโปรแกรม Windows Media Encoder Ver.9 และติดตั้งโปรแกรมพิมพ์ครู หากติดตั้งโปรแกรมทั้งสองแล้ว เมื่อเปิดโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 จะปรากฏไอคอนของโปรแกรมพิมพ์ครูที่แถบเครื่องมือของโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ด้วย หลังจากนั้นทำการติดตั้งกล้องดิจิตอลและไมโครโฟน ซึ่งผู้สอนจะต้องเตรียมภาพ Slide PowerPoint ให้พร้อมจะบรรยาย เมื่อติดตั้ง Software และ Hardware ดังกล่าวเรียบร้อยแล้วผู้สอนจะทำการบรรยายหรือสาธิตการทำงานของเนื้อเรื่องที่ทำการสอน โดยโปรแกรมจะบันทึกภาพ Slide PowerPoint พร้อมกับอริยบทของผู้สอน เมื่อบรรยายจบ โปรแกรมจะทำการแปลงข้อมูลการบรรยายทั้งหมดเป็นบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ให้โดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นทำการบันทึกรายละเอียดทั้งหมดลงแผ่น CD-ROM ทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนดังกล่าวได้ทุกเวลาโดยใช้แผ่น CD-ROM ซึ่งเรียกกระบวนการเรียนรู้นี้ว่า " บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ " หรือ Electronics Lecture : E-Lecture (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ E-Lecture คือระบบเก็บบันทึกอริยบทการสอนการบรรยายของครู เพื่อจัดเก็บเป็นสื่อบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ไว้ในสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์หรือระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ พร้อมให้ถูกเรียกใช้งาน เพื่อทบทวนบทเรียนได้ตามต้องการ (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 3)

จากความสำคัญของเทคโนโลยีทางการศึกษา และความสามารถของระบบ E-Lecture ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้สำหรับการสอนรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี และใช้ชื่อบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

วิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 เป็นรายวิชาในหมวดวิชาเฉพาะด้าน และอยู่ในกลุ่มบังคับเรียน ซึ่งมีทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ผู้เรียนจะต้องศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งแบบที่เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปของวงจรรวม เนื้อหาส่วนใหญ่จึงเน้นเกี่ยวกับการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไปใช้งาน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นที่นักศึกษาโปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ควรรู้ เพราะจะเป็นพื้นฐานที่ดีในการศึกษารายวิชาอื่นๆ ที่ต่อเนื่องกัน อีกทั้งยังเป็นการเสริมทักษะในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ผู้เรียนปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบและมีความระมัดระวัง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการประกอบอาชีพหรือใช้อธิบายให้กับผู้ที่สนใจทั่วไปที่อยากเรียนรู้ได้เข้าใจอย่างถูกต้อง

เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 นั้น เป็นเนื้อเรื่องที่มีความสำคัญต่อผู้เรียน เนื่องจากอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเป็นอุปกรณ์พื้นฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่างของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่สำคัญ ได้แก่ ไดโอด และทรานซิสเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ หรืออุปกรณ์ที่อยู่ในรูปของวงจรรวมได้ ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจึงเป็นเนื้อเรื่องที่มีความสำคัญ ซึ่งผู้เรียนต้องศึกษาและทำความเข้าใจ

การเรียนการสอนตามปกตินั้น จะใช้การสอนแบบบรรยายและสาธิตการทำงาน ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่ยึดผู้สอนเป็นศูนย์กลางในการถ่ายทอดความรู้ กระบวนการเรียนการสอนลักษณะนี้อาจมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาเรียน ซึ่งการเรียนการสอนตามปกติ ผู้เรียนจะต้องมาเรียนพร้อมกันในห้องเรียน ถ้าคนใดไม่มาอาจจะเรียนไม่ทัน หรือ เมื่อมาเรียนครั้งต่อไปอาจจะไม่เข้าใจในเนื้อหาที่เรียนเพราะเป็นเนื้อเรื่องที่ต่อเนื่องกับการเรียนครั้งก่อน ส่วนข้อจำกัดของเนื้อเรื่องที่เรียน คือ เนื้อเรื่องบางเรื่องผู้เรียนอาจจะเรียนผ่านมาแล้ว เพราะพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน อาจทำให้ผู้ที่เรียนผ่านมาแล้วไม่สนใจเนื้อเรื่องเดิม และเสียเวลาในการเรียนเนื้อหาถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เนื่องจากบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์สามารถให้ผู้เรียนทบทวนเนื้อเรื่องที่เรียนได้ เพราะผู้เรียนอาจเรียนไม่ทันจากการเรียนการสอนตามปกติ ในวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 เรื่องอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งเป็นเนื้อเรื่องที่มีรายละเอียดมาก มีการออกแบบวงจรและการคำนวณค่าต่างๆ ผู้เรียนจึงต้องทบทวนบทเรียนตลอดเวลา และยังสามารถช่วยให้ผู้ที่เรียนเนื้อเรื่องบางเรื่องมาแล้วข้ามไปเรียนเนื้อเรื่องอื่นได้โดยไม่เสียเวลา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอนและทบทวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 (E_1/E_2)

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยศึกษาจากระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely) แบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอน (อ้างใน กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 86-88) ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ดังต่อไปนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ (Specification of Objectives)
2. การกำหนดเนื้อหา (Specification of Content)
3. การประเมินพฤติกรรมเบื้องต้น (Assessment of Entry Behaviors)
4. การกำหนดกลยุทธของวิธีการสอน (Determination of Strategy)
5. การจัดแบ่งกลุ่มผู้เรียน (Organization of Groups)
6. การกำหนดเวลาเรียน (Allocation of Time)
7. การจัดสถานที่เรียน (Allocation of Space)
8. การเลือกสรรทรัพยากร (Allocation of Resources)
9. การประเมินสมรรถนะ (Evaluation of Performance)
10. การวิเคราะห์ข้อมูลป้อนกลับ (Analysis of Feedback)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 49 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากจากนักศึกษาที่เรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือ คุณภาพของสื่อการสอนและประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

1.5.4 เนื้อเรื่องของบทเรียนที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อเรื่องของบทเรียนที่ใช้ในการวิจัย เป็นเนื้อเรื่องในวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 จำนวน 3 หน่วยกิต แบ่งเป็นทฤษฎี 2 คาบ และปฏิบัติ 2 คาบ ต่อสัปดาห์ มีทั้งหมด 16 หน่วยการสอน ระยะเวลาในการวิจัยครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่เปิดภาคเรียนจนถึงสอบกลางภาคเรียน (เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ แบ่งเป็นการสอน 8 สัปดาห์ และอีก 1 สัปดาห์ เป็นการสอบกลางภาคเรียน) ซึ่งมีอยู่ 6 หน่วยการสอน (หน่วยการสอนที่ 3 ถึง หน่วยการสอนที่ 8) ดังต่อไปนี้

หน่วยการสอนที่ 3 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

หน่วยการสอนที่ 4 สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

หน่วยการสอนที่ 5 ไดโอด

หน่วยการสอนที่ 6 การประยุกต์ใช้งานไดโอด

หน่วยการสอนที่ 7 ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

หน่วยการสอนที่ 8 การประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.6.1 การสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้โปรแกรมพิมพ์ครู (Presentational Instruction Media Creator : PIMC) ร่วมกับโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP

1.6.2 ผู้เรียนที่มีความรู้พื้นฐานทางคอมพิวเตอร์แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อการเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้มีไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 บทเรียนบรรยายต้นแบบ หมายถึง เนื้อหาในการบรรยายพร้อมรูปภาพประกอบ ซึ่งนำเสนอด้วยโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ใช้สำหรับการเรียนการสอนตามปกติ

1.7.2 บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง บทเรียนที่สามารถบันทึกภาพเหตุการณ์ทั้งข้อความ เนื้อหา พร้อมอริยบทของผู้บรรยายได้ครบถ้วน และจัดเก็บรายละเอียดทั้งหมดในรูปแบบของสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ สามารถทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง

1.7.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ซึ่งเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 (E_1/E_2)

80 ตัวแรก (E_1) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน หลังจากเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละบท

80 ตัวหลัง (E_2) หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ครบทุกบท

1.7.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เมื่อเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ครบทุกบท

1.7.5 โปรแกรมพิมพ์ครู หมายถึง โปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้งานร่วมกับโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ถูกพัฒนาขึ้นโดย โครงการสำนักนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา ร่วมกับ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.7.6 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ หมายถึง อุปกรณ์ซึ่งสภาวะปกติไม่สามารถนำกระแสได้ แต่เมื่อได้รับพลังงานกระตุ้นอย่างเหมาะสม จะอยู่ในสภาวะที่สามารถนำกระแสได้ เป็นอุปกรณ์ที่สร้างจากการเชื่อมต่อกันระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ในที่นี้หมายถึง ไดโอด และทรานซิสเตอร์

1.7.7 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ปฏิบัติการสอน หรือมีประสบการณ์สอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 หรือวิชาที่มีเนื้อหาเหมือนกัน คล้ายคลึงกัน สัมพันธ์กัน ไม่น้อยกว่า 3 ปี และสามารถประเมินสื่อการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นการพัฒนาและสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ค้นคว้า รวบรวมเนื้อหา เอกสาร และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1

2.2 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

2.3 การออกแบบระบบการเรียนการสอน

2.4 สื่อประสม

2.5 บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1

จากการศึกษาหลักสูตรรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี มีการเรียนการสอนทั้งหมด 16 หน่วยการสอน และมีรายละเอียดอื่นๆ ดังต่อไปนี้

2.1.1 คำอธิบายรายวิชา

วิวัฒนาการของอิเล็กทรอนิกส์ ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตัวนำไฟฟ้า ตัวต้านทานไฟฟ้า และฉนวนไฟฟ้า ทฤษฎีเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ โครงสร้าง สัญลักษณ์ คุณสมบัติ การนำไปใช้งานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำไดโอด และทรานซิสเตอร์ การให้ไบอัส และการทำงานของทรานซิสเตอร์แบบต่างๆ ศึกษาค่าพารามิเตอร์ และค่าสำคัญต่างๆ ที่บอกไว้ในคู่มือของไดโอด ทรานซิสเตอร์ และเอฟอีที ศึกษาวงจรรวมแบบต่างๆ ทั้งแบบดิจิตอล และแบบลิเนียร์ วงจรรวมออปแอมป์ ถึงชนิดและการประยุกต์ใช้งาน

งานปฏิบัติ การต่อวงจร วัดและทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำไดโอด วงจรเรียงสัญญาณแบบต่างๆ โดยใช้ออสซิลโลสโคป และมัลติมิเตอร์

การต่อวงจร การให้ไบอัสแบบต่างๆ วัด อ่านค่า และทดสอบวงจรทรานซิสเตอร์ เอฟอีที วงจรรวมแบบต่างๆ ปฏิบัติการเกี่ยวกับวงจรออปแอมป์ สร้างวงจรกำเนิดความถี่ และวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 **จุดประสงค์รายวิชา**

1. สามารถอธิบายหลักการของตัวนำไฟฟ้า ตัวต้านทานไฟฟ้า และฉนวนไฟฟ้า

2. สามารถเขียนโครงสร้าง สัญลักษณ์ อธิบายคุณสมบัติ และหลักการทำงานของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำไดโอด ทรานซิสเตอร์ เอฟอีที และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

3. สามารถอธิบายหลักการทำงานของวงจรรวมแบบต่างๆ หลักการทำงานของวงจรออปแอมป์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้

4. มีทักษะในการใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อตรวจวัด ทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ วงจรรวมแบบต่างๆ และวงจรออปแอมป์

2.1.3 **เนื้อหารายวิชา**

รายละเอียดของเนื้อหารายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จัดอยู่ในหน่วยการสอนที่ 3 ถึง หน่วยการสอนที่ 8 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หน่วยการสอนที่ 1 วิวัฒนาการของอิเล็กทรอนิกส์

หน่วยการสอนที่ 2 ตัวนำ ตัวต้านทาน และฉนวนไฟฟ้า

หน่วยการสอนที่ 3 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

- 3.1 โครงสร้างอะตอม
- 3.2 การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล
- 3.3 กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

หน่วยการสอนที่ 4 สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

- 4.1 สารกึ่งตัวนำชนิด n
- 4.2 สารกึ่งตัวนำชนิด p
- 4.3 ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ
- 4.4 รอยต่อ pn
- 4.5 รอยต่อ pn เมื่อถูกไบอัสไปข้างหน้าและย้อนกลับ
  - 4.5.1 การไบอัสไปข้างหน้า
  - 4.5.2 การไบอัสย้อนกลับ

หน่วยการสอนที่ 5 ไดโอด

- 5.1 ไดโอดในอุดมคติ
  - 5.1.1 วงจรเรียงสัญญาณที่ใช้ไดโอดในอุดมคติ
  - 5.1.2 วงจรคงค่าแรงดันที่ใช้ไดโอดในอุดมคติ
  - 5.1.3 การใช้ไดโอดเป็นลอจิกเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ไดโอดรอยต่อ

5.2.1 ไดโอดที่ถูกไบอัสไปข้างหน้า

5.2.2 ไดโอดที่ถูกไบอัสย้อนกลับ

5.3 การวิเคราะห์ไฟตรงวงจรไดโอด

5.3.1 การวิเคราะห์โดยใช้กราฟ

5.3.2 การวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณซ้ำ

5.3.3 การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย

หน่วยการสอนที่ 6 การประยุกต์ใช้งานไดโอด

6.1 วงจรเรียงสัญญาณ

6.1.1 วงจรเรียงสัญญาณแบบครึ่งคลื่น

6.1.2 วงจรเรียงสัญญาณแบบเต็มคลื่น

6.1.3 วงจรเรียงสัญญาณแบบบริดจ์

6.2 ซีเนอร์ไดโอด

6.3 ไดโอดชนิดพิเศษ

หน่วยการสอนที่ 7 ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

7.1 โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

7.2 การทำงานเชิงกายภาพของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ชนิด npn

7.3 การทำงานเชิงกายภาพของทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์ชนิด pnp

หน่วยการสอนที่ 8 การประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

8.1 วงจรกลับตรรกะ RTL

8.2 การใช้ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์เป็นสวิตช์ขับกระแส

8.3 การไบอัสทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

8.3.1 การไบอัสแบบใช้แหล่งจ่ายกำลังบวกคู่

8.3.2 การไบอัสแบบใช้แหล่งจ่ายกำลังบวกลบ

8.3.3 การไบอัสแบบใช้แหล่งจ่ายกำลังเดี่ยว

8.3.4 การไบอัสแบบใช้แหล่งจ่ายกระแส

สอบกลางภาคเรียน

หน่วยการสอนที่ 9 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของไดโอดและทรานซิสเตอร์

หน่วยการสอนที่ 10 ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

หน่วยการสอนที่ 11 การประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า

หน่วยการสอนที่ 12 วงจรรวมชนิด TTL, CMOS และ Linear

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยการสอนที่ 13 ออปแอมป์

หน่วยการสอนที่ 14 วงจรออปแอมป์เชิงเส้น

หน่วยการสอนที่ 15 วงจรออปแอมป์ไม่เชิงเส้น

หน่วยการสอนที่ 16 วงจรขยายสัญญาณ

สอบปลายภาคเรียน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีทั้งหมด 6 เรื่อง อยู่ในหน่วยการสอนที่ 3 ถึงหน่วยการสอนที่ 8 ในการเรียนการสอนตามปกตินั้น ใช้เวลาสอนหน่วยละ 1 สัปดาห์

2.2 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ถึงแม้ว่างานวิจัยเกี่ยวกับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (semiconductor device) จะมีมาก่อนหลอดสุญญากาศ (vacuum tube) แต่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในยุคแรกนั้นมีคุณสมบัติไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ไม่ได้รับความนิยมเท่าหลอดสุญญากาศ ซึ่งถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในวงจรและระบบอิเล็กทรอนิกส์ในยุคนั้น ต่อมาในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 การวิจัยเกี่ยวกับผลึกของสารกึ่งตัวนำ อาทิเช่น ซิลิคอน (silicon) และเจอร์มาเนียม (germanium) ได้มีขึ้นเพื่อใช้ในเครื่องตรวจจับเรดาร์ อย่างไรก็ตามการใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำยังมีอยู่อย่างจำกัด จนกระทั่งมีการประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ในปี ค.ศ.1947 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์จึงเริ่มใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแทนหลอดสุญญากาศมากขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้ ถึงแม้เจอร์มาเนียมเป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้รับความนิยมในช่วงแรก อย่างไรก็ตามในเวลาต่อมา ซิลิคอนซึ่งเป็นธาตุที่หาง่าย ราคาถูก และมีคุณสมบัติทางอุณหภูมิที่ดีกว่าเจอร์มาเนียม ทำให้ซิลิคอนกลายเป็นสารกึ่งตัวนำที่ได้รับความนิยมมากที่สุด

ดังนั้น ความเข้าใจทฤษฎีของสารกึ่งตัวนำจะเป็นพื้นฐานที่ดีต่อการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์วงจร และระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

2.2.2 การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล

2.2.3 กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

2.2.4 สารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์

2.2.5 ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

2.2.6 รอยต่อ pn

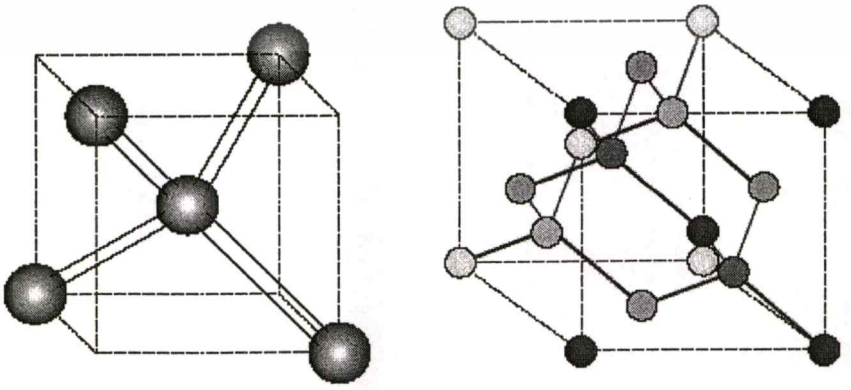
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

นิวเคลียสของอะตอมซิลิคอนประกอบด้วยโปรตอนซึ่งเป็นอนุภาคที่มีประจุ (charge) เป็นบวกอยู่ 14 ตัว โดยมีอิเล็กตรอนซึ่งเป็นอนุภาคประจุลบโคจรอยู่รอบนิวเคลียสทั้งหมด 14 ตัว เช่นกัน โดยมีอิเล็กตรอนที่โคจรในวงโคจรชั้นที่หนึ่ง 2 ตัว ในวงโคจรชั้นที่สอง 8 ตัว และในวงโคจรชั้นที่สามอันเป็นวงโคจรชั้นนอกสุด 4 ตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ภาพที่ 2.1 โครงสร้างอะตอมของซิลิคอนแบบสองมิติ

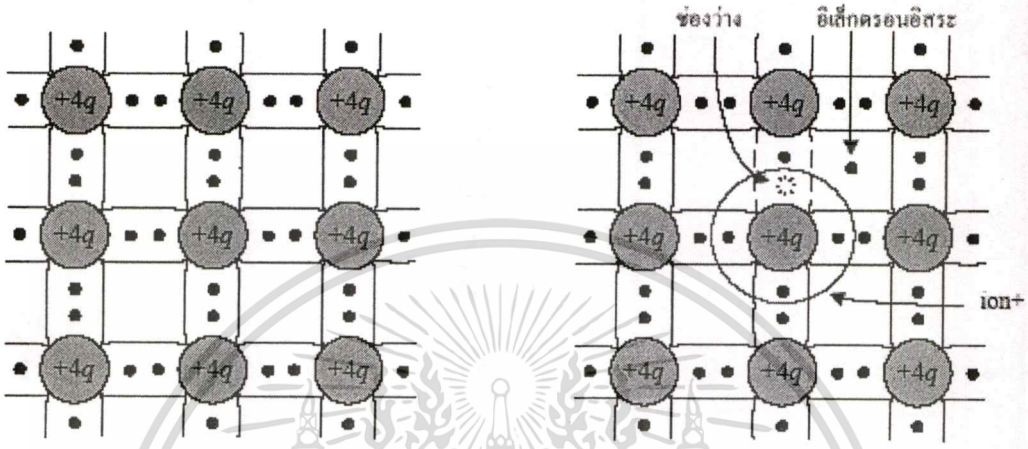
เราเรียกอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรชั้นนอกสุดนี้ว่าวาเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electron) และเนื่องจากโปรตอนและอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเท่ากับ $+q$ และ $-q$ ตามลำดับ จำนวนที่เท่ากันของโปรตอนและอิเล็กตรอนทำให้ประจุรวม (net charge) ของอะตอมซิลิคอนมีค่าเท่ากับศูนย์ นอกจากนี้ เนื่องจากอิเล็กตรอนที่โคจรอยู่ในวงโคจรชั้นที่หนึ่ง และชั้นที่สองของอะตอมมีความเสถียรมาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อไปนี้เราจะแสดงอะตอมของซิลิคอนในรูปของนิวเคลียสเสมือน (effective nucleus) ที่มีประจุรวมเท่ากับ $+4q$ และมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว โคจรอยู่รอบๆ นิวเคลียสเสมือน ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.2 ผลึกซิลิคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 ภายในผลึกซิลิคอน (silicon crystal) ที่บริสุทธิ์ อะตอมซิลิคอนแต่ละตัวจะจับตัวกับอะตอมที่อยู่รอบๆ ตัวมันอีก 4 ตัว ทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมมีครบ 8 ตัว (ตามกฎเสถียรภาพ) เราเรียกการใช้วาเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของอะตอมดังนี้ว่าเกิดพันธะโควาเลนซ์ (covalent bond) ทั้งนี้การยึดเกาะระหว่างอะตอมจะเป็นไปอย่างมีระเบียบและแข็งแรงและมีความหนาแน่นราว 5×10^{22} cm^{-3}



ภาพที่ 2.3 ภาพเสมือน 2 มิติของโครงสร้างผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์

ภาพที่ 2.3 แสดงภาพสองมิติของการยึดเกาะกันด้วยพันธะโควาเลนซ์ของอะตอมของซิลิคอน โดยที่อุณหภูมิต่ำๆ วาเลนซ์อิเล็กตรอนจะโคจรรอบๆ นิวเคลียสตามปกติ แต่ที่อุณหภูมิสูงขึ้น พลังงานความร้อนจะทำให้เกิดการสั่นทางกล (mechanical vibration) ขึ้นในโครงสร้างของผลึก ทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนอิสระ (free electron) เนื่องจากอิเล็กตรอนเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ไปมาในผลึกได้ ต่างจากอิเล็กตรอนอื่นๆ ที่ต้องโคจรอยู่รอบๆ นิวเคลียส ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปมาโดยอิสระได้

จะเห็นได้ว่าเมื่อวาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดออกมาเป็นอิเล็กตรอนอิสระแล้ว อะตอมที่มันเคยถูกยึดติดอยู่จะมีประจุรวมเป็น $+q$ (เนื่องจากในอะตอมดังกล่าวมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวโคจรอยู่รอบๆ นิวเคลียสที่มีประจุรวมเท่ากับ $+4q$ ประจุรวมของอะตอมจึงเท่ากับ $+4q - 3q = +q$) หรือเรียกว่าอะตอมได้กลายสภาพเป็นไอออน (ion) บวก ทั้งนี้เราเรียกอะตอมที่กลายสภาพเป็นไอออนบวกนี้ว่าอะตอมที่ถูกไอออไนซ์ (ionized atom) และเรียกกระบวนการเกิดของอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวกโดยรวมว่า การไอออนซ์ทางความร้อน (thermal ionization)

จากนิยาม กระแส คือ การเคลื่อนที่ของประจุ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าในทิศทางตรงกันข้ามขึ้น ดังนั้นสภาพความต้านทานไฟฟ้า (resistively) ของสารใดๆ จะแปรผกผันกับความหนาแน่น (concentration) ของอิเล็กตรอนอิสระภายในสารนั้นโดยทั่วๆ ไปแล้วที่อุณหภูมิห้อง ($T \cong 300$ K 27° C)

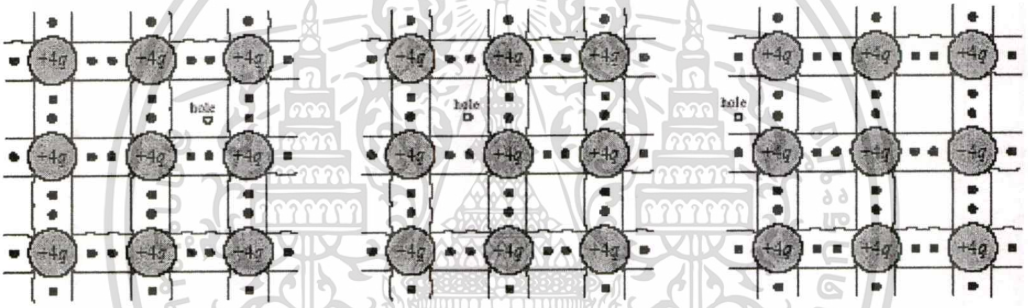
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประเภทโลหะจะมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระประมาณ 10^{23} ตัวต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทำให้มีสภาพความต้านทานของโลหะอยู่ราวๆ 10^{-5} Ω.cm. (หมายถึง ลูกบาศก์โลหะขนาด 1 cm^3 จะมีความต้านทานเพียง 10 $\mu\Omega$)

ฉนวน เช่น ควอตซ์ (SiO_2) ในอุณหภูมิห้องนั้นแทบจะไม่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่เลย ทำให้สภาพความต้านทานของ ควอตซ์มีค่าสูงมากกว่า $10^{16}\Omega$.cm.

ซิลิคอนบริสุทธิ์ ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำมีความหนาแน่นของอิเล็กตรอนอิสระ ประมาณ 1.5×10^{10} cm^{-3} (อัตราส่วนการไอออไนซ์ของอะตอมซิลิคอนเพียง 3 ต่อ 10^{13} อะตอม) ทำให้สภาพความต้านทานของซิลิคอนผลึกมีค่าประมาณ 2×10^5 Ω.cm. ซึ่งสูงกว่าสภาพความต้านทานของโลหะแต่ต่ำกว่าของฉนวนมาก ด้วยเหตุนี้เราจึงจัดให้ซิลิคอนเป็นสารประเภท "สารกึ่งตัวนำ"

2.2.2 การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล



ภาพที่ 2.4 การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อมีช่องว่างเกิดขึ้น

จากภาพที่ 2.4 จะเห็นว่าถ้าวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอม A หลุดออกไปเป็นอิเล็กตรอนอิสระ นั่นคืออะตอม A จะถูกไอออไนซ์กลายเป็นไอออนบวกและเกิดช่องว่าง (vacancy) ขึ้นภายในอะตอม การที่อะตอม A มีประจุเป็นบวกนั้นจะทำให้เกิดแรงดึงดูดอิเล็กตรอนที่มีประจุบวกเป็นลบ ถ้าสมมุติให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอม B หลุดออกจากพันธะโควาเลนซ์และเคลื่อนที่มาเติมช่องว่างที่เกิดขึ้นในอะตอม A การเคลื่อนที่ดังกล่าวจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในอะตอม B ขึ้นแทน (จะสังเกตได้ว่าวาเลนซ์อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากอะตอม B จะกลายเป็นวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอม A แทน ไม่ได้กลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ) ผลที่ได้คืออะตอม A จะมีประจุรวมเป็นศูนย์และอะตอม B จะมีประจุรวมเป็นบวกแทน ต่อมาถ้าวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอม C หลุดออกมาเติมช่องว่างในอะตอม B จะทำให้อะตอม B มีประจุรวมเป็นศูนย์และอะตอม C มีประจุรวมเป็นบวก เราจะเห็นได้ว่าการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนทั้งหมดนี้จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุบวกจาก A ไปยัง B และ C ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมา เราสามารถแบ่งการเคลื่อนที่ของประจุสารกึ่งตัวนำได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระภายในโครงสร้างผลึก ซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุลบ

2. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากพันธะหนึ่งไปยังอีกพันธะหนึ่งดังภาพที่ 2.4 ซึ่งถ้ามองในแง่กลับกัน การเคลื่อนที่แบบนี้จะเสมือนการเคลื่อนที่ของช่องว่างไปในทิศทางตรงกันข้าม ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุบวก ดังที่ได้อธิบายข้างต้น ตอนนี้ถ้าเราสมมุติว่าอะตอม A, B และ C ไม่ได้กลายเป็นไอออนบวก ณ เวลาใดๆ (นั่นคืออะตอมทั้งสามยังมีประจุรวมเป็นศูนย์ตลอดเวลา) แต่มีอนุภาคอิสระที่มีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากับ $+q$ เคลื่อนผ่านอะตอม A, B และ C ตามลำดับ ดังภาพที่ 2.4 โดยเราจะเรียกอนุภาคสมมุติที่มีประจุบวกนี้ว่า "โฮล" (hole)

แนวความคิดเกี่ยวกับโฮลนี้ มีประโยชน์มากตรงที่ทำให้เราสามารถมองการเคลื่อนที่ข้ามพันธะของอิเล็กตรอนหลายๆ ตัวให้เป็นเสมือนการเคลื่อนที่ของอนุภาคอิสระเพียงตัวเดียวได้ ดังนั้นเพื่อความสะดวกเราจะถือว่า โฮล คืออนุภาคอิสระที่มีประจุเท่ากับ $+q$ และเป็นเสมือนคู่ของอิเล็กตรอนอิสระ โดยเมื่ออะตอมซิลิคอนแต่ละตัวเกิดการไอออไนซ์ทางความร้อน จะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเกิดขึ้น 1 คู่

ในบางครั้งอิเล็กตรอนอิสระกับโฮล ก็อาจเคลื่อนที่มาเจอกัน ทำให้ทั้งอิเล็กตรอนอิสระและโฮลคู่นั้นหายไป เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า กระบวนการรวมตัว (recombination) ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (thermal equilibrium) อัตราการเกิดและการรวมตัวของคู่อิเล็กตรอนและโฮลจะเท่ากันพอดี ทำให้จำนวนของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลมีค่าคงที่ ดังนั้นถ้าเรากำหนดให้ n คือความหนาแน่นของอิเล็กตรอน (electron concentration) และ p คือความหนาแน่นของโฮล (hole concentration) ในสภาวะสมดุลทางความร้อน เราสามารถแสดงได้ว่า $n = p = n_i$ โดย n_i คือความหนาแน่นของพาหะในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (intrinsic carrier concentration) ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของสารกึ่งตัวนำ ตัวอย่างเช่น ในกรณีของผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์ที่อยู่ในอุณหภูมิห้องจะมีค่า $n_i = 1.5 \times 10^{10}\ cm^{-3}$

โดยรวมแล้วเราจะเรียกอนุภาคอิสระอย่างอิเล็กตรอนอิสระและโฮลว่า "พาหะนำไฟฟ้า" (charge carrier)" หรือเรียกสั้นๆ ว่า "พาหะ" เนื่องจากอนุภาคอิสระทั้ง 2 ตัวนี้ เปรียบเสมือนพาหะที่นำพาประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ไปมาได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเคลื่อนที่ของโฮลเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนข้ามพันธะซึ่งต้องใช้พลังงานสูงพอสมควร ดังนั้นในทางทฤษฎีสารกึ่งตัวนำ เราจะถือว่าอิเล็กตรอนอิสระจะมีความคล่องตัว (mobility) สูงกว่าโฮล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

เนื่องจากกระแสเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุ ดังนั้นกระแสในผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์อาจเกิดได้ทั้งจากการเคลื่อนที่ของ “พาหะ” ทั้ง 2 ชนิด คืออิเล็กตรอนอิสระหรือโฮล (ซึ่งต่างจากกระแสในโลหะที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระเท่านั้น) และเนื่องจากอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็นลบ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะทำให้เกิดกระแสไหลในทิศทางตรงกันข้ามในขณะที่โฮลเป็นอนุภาคสมมุติที่มีประจุเป็นบวก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของโฮลจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสที่ไหล

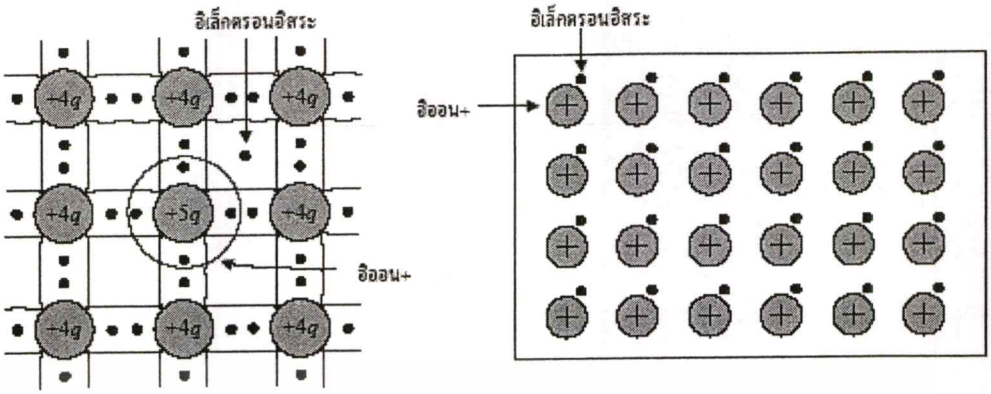
ทั้งนี้ การเคลื่อนที่ของพาหะในผลึกสารกึ่งตัวนำสามารถเกิดขึ้นได้ 2 วิธี คือ เกิดจากการแพร่ (diffusion) และเกิดจากการเลื่อน (drift) การแพร่ คือ การที่อนุภาคเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำ ดังนั้นกระแสแพร่ (diffusion current) จะสามารถเกิดขึ้นได้ถ้าความหนาแน่นของอนุภาคอิสระมีไม่เท่ากันตลอดทั่วทั้งชิ้นผลึก และการแพร่จะหยุดลงเมื่อความหนาแน่นของอนุภาคอิสระมีเท่ากันตลอดทั้งชิ้นผลึก ส่วนการเคลื่อน (drift) จะเกิดขึ้นเมื่อมีการป้อนสนามไฟฟ้าผ่านชิ้นผลึก ส่งผลให้อิเล็กตรอนอิสระและโฮลมีการเคลื่อนที่ไปตามสนามไฟฟ้า ทำให้เกิดการไหลของกระแสที่เรียกว่า กระแสเลื่อน (drift current) มีลักษณะเดียวกับการไหลของกระแสเมื่อมีการป้อนแรงดันไฟฟ้าคร่อมตัวต้านทาน

2.2.4 สารกึ่งตัวนำที่ไม่บริสุทธิ์

จากหัวข้อที่แล้วจะพบว่าจำนวนของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์จะมีเท่ากัน เนื่องจากอิเล็กตรอนอิสระและโฮลจะเกิดพร้อมกันเป็นคู่เสมอ อย่างไรก็ตามในกรณีที่สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ถูกแพร่ด้วยอะตอมของสารเจือ (impurity atom) ที่เป็นธาตุหมู่ III (เช่น ธาตุโบรอน แกลเลียม และอินเดียม) หรือธาตุหมู่ V (เช่น ธาตุฟอสฟอรัส อาร์เซนิค และแอนติมอนี) จำนวนของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลในสารดังกล่าวจะไม่เท่ากัน เพื่อความสะดวกเราจะเรียกชื่อสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ที่ถูกแพร่ด้วยสารเจือหมู่ III และหมู่ V ว่า สารกึ่งตัวนำชนิด p (p-type semiconductor) และสารกึ่งตัวนำชนิด n (n-type semiconductor) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4.1 สารกึ่งตัวนำชนิด n

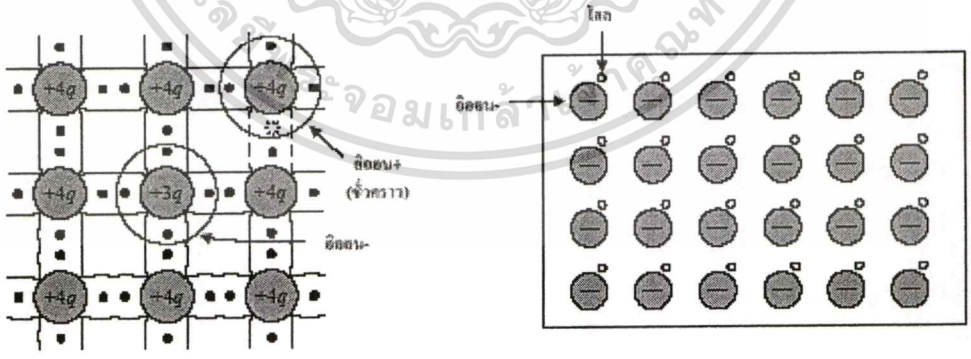


ภาพที่ 2.5 สารกึ่งตัวนำชนิด n

ในกรณีของสารกึ่งตัวนำชนิด n ผลึกของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ได้ถูกแพร่ด้วยสารเจือหมู่ V ซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว การแพร่นี้ทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นจากการที่วาเลนซ์อิเล็กตรอนตัวที่ห้าของอะตอมของสารเจือกลายเป็นส่วนเกินในพันธะโควาเลนซ์ ดังแสดงในภาพที่ 2.5

เรานิยมเรียกอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิด n นี้ว่า "พาหะส่วนมาก" นอกจากนี้เราจะเรียกอะตอมของสารเจือหมู่ V ว่า "อะตอมผู้ให้" เนื่องจากอะตอมดังกล่าวจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นมา ภาพที่ 2.5 แสดงอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวกของอะตอมผู้ให้ที่เกิดขึ้นภายในสารกึ่งตัวนำชนิด n

2.2.4.2 สารกึ่งตัวนำชนิด p



ภาพที่ 2.6 สารกึ่งตัวนำชนิด p

ในการกลับกัน การแพร่สารเจือหมู่ III ลงไปในผลึกของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ จะทำให้พันธะโควาเลนต์ที่ยึดติดอะตอมของสารเจือเข้าด้วยกันกับอะตอมของซิลิคอนอีก 4 อะตอม จะขาดวาเลนซ์อิเล็กตรอนไป 1 ตัว ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในพันธะโควาเลนซ์นั้น ดังแสดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาพที่ 2.6 ต่อมาเมื่อช่องว่างดังกล่าวถูกเติมให้เต็มโดยวาเลนซ์อิเล็กตรอนจากอะตอมซิลิคอนที่อยู่ข้างเคียง การเติมเต็มดังกล่าวจะทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในอะตอมของซิลิคอน ดังแสดงในภาพที่ 2.6 เราสามารถเปรียบการเกิดช่องว่างในอะตอมซิลิคอนได้กับการเกิดโฮลซึ่งเป็นอนุภาคอิสระสมมุติที่มีประจุเป็นบวกนั่นเอง

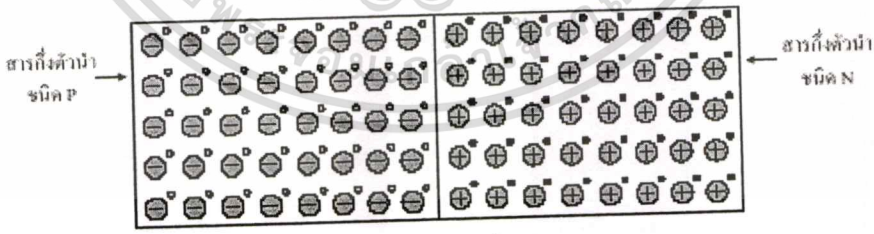
2.2.5 ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

เป็นที่น่าสังเกตว่าประจุรวมของทั้งสารกึ่งตัวนำชนิด p และชนิด n ยังคงมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยในสารกึ่งตัวนำชนิด p ประจุของโฮลจะถูกหักล้างด้วยประจุของไอออนลบของอะตอมสารเจือผู้รับจนหมด ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิด n ประจุของอิเล็กตรอนอิสระจะถูกหักล้างด้วยประจุของไอออนบวกของอะตอมสารเจือผู้ให้จนหมดเช่นกัน

โดยทั้งนี้ในสารกึ่งตัวนำทั้งชนิด p และ n จะมีอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเท่านั้นที่เป็น "พาหะ" ของประจุไฟฟ้า เนื่องจากไอออนของอะตอมสารเจือจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ด้วยเหตุนี้เราจึเรียกไอออนบวกของอะตอมสารเจือผู้ให้ในสารกึ่งตัวนำชนิด n และไอออนลบของอะตอมสารเจือผู้รับในสารกึ่งตัวนำชนิด p ว่า "ประจุไฟฟ้าสถิต"

จะเห็นได้ว่าเราสามารถควบคุมสภาพความต้านทานไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดให้สูงหรือต่ำได้ โดยการควบคุมระดับของการแพร่สารเจือ ทั้งนี้ความสามารถในการควบคุมดังกล่าวทำให้สารกึ่งตัวนำมีคุณลักษณะพิเศษที่โดดเด่นไปจากทั้งตัวนำและฉนวน (ซึ่งไม่สามารถควบคุมสภาพความต้านทานไฟฟ้าและระดับของการแพร่สารเจือได้)

2.2.6 รอยต่อ pn



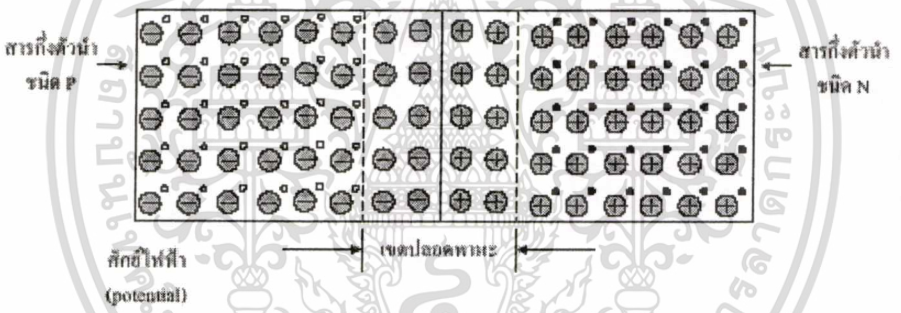
ภาพที่ 2.7 การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n

ภาพที่ 2.7 แสดงการเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n (ทั้งนี้การนำสารกึ่งตัวนำทั้ง 2 ชนิดนี้มาเชื่อมต่อกันตรงๆ จะทำให้เกิดปัญหาหลายด้านที่บริเวณรอยต่อ ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจะสร้างรอยต่อ pn ขึ้นมาด้วยการแพร่สารเจือหมู่ V ลงไปในสารกึ่งตัวนำชนิด p หรือแพร่สารเจือหมู่ III ลงไปในสารกึ่งตัวนำชนิด n) โดยเพื่อความง่าย ภาพที่ 2.7 จึงไม่แสดงคู่อิเล็กตรอนอิสระและโฮลที่เกิดจากการไอออไนซ์ด้วยความร้อนเลย เพราะจะมีจำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับจำนวนอะตอมของสารเจือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60904

เนื่องจากโฮลและอิเล็กตรอนเป็นพาหะส่วนใหญ่ในสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n ตามลำดับ ผลที่เกิดขึ้น คือ โฮลในสารกึ่งตัวนำชนิด p จะแพร่เข้าสู่บริเวณสารกึ่งตัวนำชนิด n แล้วไปรวมตัวกับอิเล็กตรอนอิสระที่มีอยู่มากมายในสารกึ่งตัวนำชนิด n ในทางกลับกันอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิด n จะแพร่เข้าสู่บริเวณสารกึ่งตัวนำชนิด p แล้วไปรวมตัวกับโฮลที่มีอยู่มากมายในสารกึ่งตัวนำชนิด p

โดยทั่วไปการแพร่จะไม่หยุดลง จนกว่าความหนาแน่นของอนุภาคจะมีเสมอกันหมดทุกบริเวณ อย่างไรก็ตามการแพร่ของอิเล็กตรอนและโฮลข้ามรอยต่อ pn จะไม่เป็นเช่นนั้น กล่าวคือ การแพร่ของพาหะสองชนิดนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วมากในช่วงแรกๆ แต่จะค่อยๆ ช้าลงตามลำดับและในสภาวะสมดุลการแพร่ก็เกือบจะหยุดลงโดยสิ้นเชิงในขณะที่มีเพียงบริเวณรอบรอยต่อ pn เท่านั้นที่พาหะได้ถูกแพร่ออกไปจนหมด เราเรียกย่านที่ปราศจากพาหะนี้ว่า "บริเวณปลอดพาหะ" หรือเรียกสั้นๆ ว่า depletion region เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณที่ไม่มีพาหะอยู่เลย มีแต่ไอออนบวกและลบซึ่งเป็นประจุไฟฟ้าสถิต ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 บริเวณปลอดพาหะภายในสารกึ่งตัวนำ pn

สาเหตุที่พาหะไม่เกิดการแพร่กระจายไปทั่วชิ้นสาร เนื่องมาจากการที่สนามไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้น โดยประจุบวกและประจุลบสถิตในเขตปลอดพาหะ จะอยู่ในทิศทางที่ต้านการเคลื่อนที่ของพาหะข้ามรอยต่อ ประจุบวกสถิตในบริเวณปลอดพาหะฝั่ง n จะต้านไม่ให้โฮลในฝั่ง p ข้ามรอยต่อมา ในทำนองเดียวกันประจุลบสถิตในบริเวณปลอดพาหะฝั่ง p จะต้านไม่ให้อิเล็กตรอนอิสระในฝั่ง n ข้ามรอยต่อมาเช่นกัน ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างหรือผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ เช่น ไดโอด และทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบระบบการเรียนการสอน

การทำงานใดๆ ก็ตามหากมีการจัดระเบียบขั้นตอนของการทำงานโยงใยกันอย่างเป็นระเบียบที่ถูกต้อง ตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปจนถึงจุดสุดท้ายของการทำงาน จะทำให้การทำงานนั้นสำเร็จเรียบร้อยไปได้ด้วยดี และหากเกิดปัญหาขึ้นสามารถทราบได้ว่าควรแก้ไขในขั้นตอนการทำงานจุดใด ทั้งนี้เพราะได้มีการจัดระเบียบไว้แล้วนั่นเอง วิธีการดังกล่าวนี้เรียกว่าการทำงานอย่างเป็นระบบ โดยการรวบรวมเอาสิ่งต่างๆ มาทำงานร่วมกันอย่างเป็นระเบียบและมีขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลออกมาตามต้องการ และหากมีปัญหาขึ้นจะสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ในการศึกษาเล่าเรียนก็เช่นกัน เราสามารถนำวิธีระบบมาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและปรับปรุงระบบการสอนให้ดีขึ้น และยังสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการสอนเพื่อให้การสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพได้อีกด้วย (กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 73)

ในการออกแบบระบบการเรียนการสอน เป็นหน้าที่หนึ่งที่สถาบันการศึกษาจะต้องดำเนินการจัดระบบ เนื่องจากแนวทางในการจัดการศึกษาของสถาบันการศึกษาแต่ละแห่งอาจจะแตกต่างกัน หรืออาจมีลักษณะการจัดที่คล้ายกัน แล้วแต่ว่าสถาบันการศึกษานั้นยึดหลักการออกแบบระบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีของใคร แต่ในที่สุดจะมีจุดมุ่งหมายไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของนักเรียน นักศึกษา และพัฒนาระบบการสอนของครูผู้สอน

2.3.1 การออกแบบการสอน

การสอนนั้นนับเป็นระบบย่อยระบบหนึ่งในระบบการศึกษาใหญ่ ซึ่งในการดำเนินงานของระบบการสอน ครูผู้สอนจะต้องมีการวางแผนการสอน และตั้งวัตถุประสงค์ของการเรียนนั้นให้ดีเสียก่อน เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการสอน ตลอดจนเตรียมเนื้อหาบทเรียนและวิธีการสอน เพื่อที่จะดำเนินการสอนให้ได้ผลลัพธ์ คือ การที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าหากการเรียนการสอนนั้นไม่ได้ผลลัพธ์ตามที่ควรจะเป็น โดยอาจจะมีปัญหาในการสอน หรือการที่ผู้เรียนไม่สามารถเกิดการเรียนรู้ได้ดีเท่าที่ควร จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ปัญหา และหาทางแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นให้ได้ผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ วิธีการแก้ปัญหาในการเรียนการสอนที่นิยมใช้กันมากวิธีหนึ่ง คือ "การจัดระบบ" (System Approach) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "วิธีระบบ" โดยเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีการกำหนดปัญหา สมมติฐาน การวิเคราะห์ข้อมูล และการดำเนินการทดลองอันนำไปสู่การสรุปผลที่เหมาะสม เพื่อการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น ถ้าผลสรุปหรือผลลัพธ์ที่ได้มาเป็นสิ่งที่คาดว่าจะได้ผลดีจะถูกนำมาทดลองใช้ แต่ถ้านำมาใช้แล้วยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้ จะต้องมีการทดลองใหม่ต่อไปจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องที่ใช้แล้วแก้ปัญหาได้เป็นผลสำเร็จ (กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 76-77)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศนา แขมมณี (2545 : 197-199) วิธีการเชิงระบบ เป็นแนวคิดที่ใช้ในการจัดสิ่งต่างๆ ให้เป็นระเบียบเพื่อนำไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งต้องอาศัยความสามารถในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งนั้น และการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเหล่านั้นให้ส่งเสริมกันอย่างเป็นระเบียบ โดยมองว่าระบบควรประกอบไปด้วยส่วนสำคัญอย่างน้อย 3 ส่วน คือ

1. ตัวป้อน (input) คือองค์ประกอบต่างๆ ของระบบนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือ สิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบนั้น องค์ประกอบต่างๆ ของระบบใดระบบหนึ่งจะมีจำนวนและความสำคัญมากน้อยเพียงใด มักขึ้นอยู่กับความรู้ ความคิด และประสบการณ์ของผู้จัดระบบ

2. กระบวนการ (process) หมายถึง การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ของระบบ ให้มีลักษณะที่เอื้ออำนวยต่อการบรรลุเป้าหมาย ระบบใดระบบหนึ่งอาจมีองค์ประกอบเหมือนกัน แต่อาจมีลักษณะของการจัดความสัมพันธ์แตกต่างกันได้ แล้วแต่ความคิด ความรู้ และประสบการณ์ของผู้จัดระบบ

3. ผลผลิต (product) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดำเนินงาน หากผลที่เกิดขึ้นเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ แสดงว่าระบบนั้นมีประสิทธิภาพ หากผลที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามคาดหวัง แสดงว่าระบบนั้นยังมีจุดบกพร่องควรที่จะพิจารณาแก้ไขปรับปรุงกระบวนการหรือตัวป้อนซึ่งเป็นเหตุให้เกิดผลนั้น

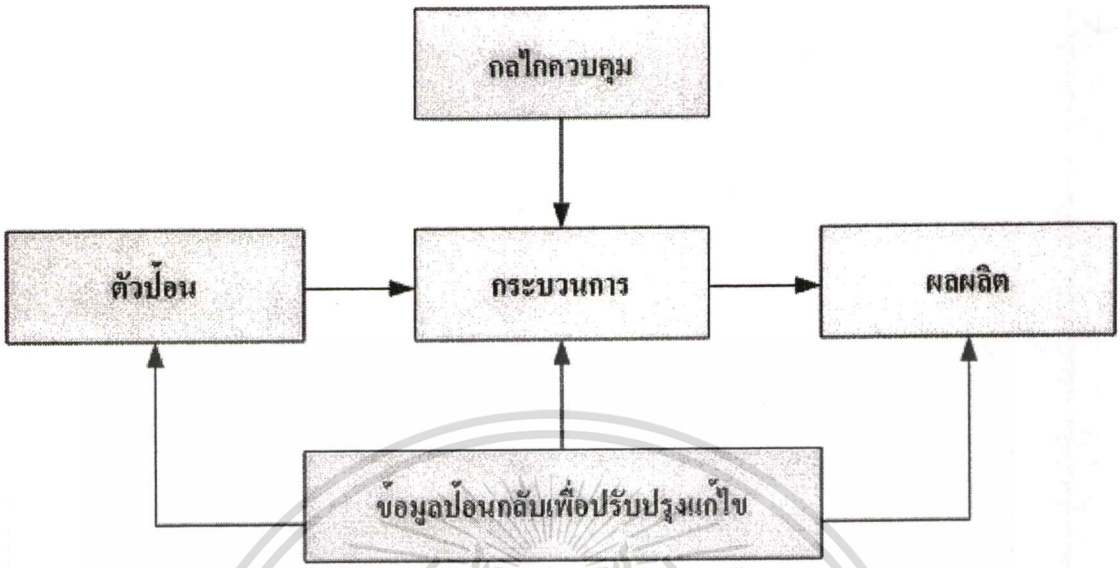
ส่วนประกอบทั้ง 3 ส่วนนี้ ถือว่าเป็นส่วนประกอบเบื้องต้นของระบบ ระบบที่สมบูรณ์ควรจะมีส่วนสำคัญเพิ่มขึ้นอีก 2 ส่วน คือ

4. กลไกควบคุม (control) คือกลไกหรือวิธีการที่ใช้ในการควบคุม หรือตรวจสอบกระบวนการให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5. ข้อมูลป้อนกลับ (feedback) หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างผลผลิตกับจุดมุ่งหมาย ซึ่งจะเป็นข้อมูลป้อนกลับไปสู่การปรับปรุงกระบวนการและตัวป้อน ซึ่งสัมพันธ์กับผลผลิตและเป้าหมายนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบที่สมบูรณ์แบบ จึงมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 องค์ประกอบของระบบที่สมบูรณ์

การใช้วิธีการเชิงระบบ ในการจัดระบบของสิ่งต่างๆ จึงหมายถึงการจำแนกองค์ประกอบ และการจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของสิ่งต่างๆ ในกรอบความคิดของตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลป้อนกลับ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบ

ถึงแม้ว่า "วิธีการเชิงระบบ" เริ่มเข้ามาแพร่หลายเมื่อไม่นานนัก แต่ความจริงเรื่องของการคิดเป็นระบบ (systematic thinking) มีคู่กับความคิดมนุษย์มาช้านานแล้ว โดยแสดงออกมาในลักษณะของการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดอย่างเป็นขั้นตอนตามลำดับที่จะสามารถช่วยให้งานนั้นบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมาย หรือแม้แต่การคิดเชิงระบบหรือใช้วิธีการเชิงระบบ (system approach) ในการจัดระบบให้แก่สิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งในกรอบความคิดของตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลป้อนกลับนั้น ความจริงมีมานานแล้ว เพียงแต่อาจไม่ได้แสดงออกเป็นระบบที่เห็นเด่นชัด หรือมีความสมบูรณ์มากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจึงพอสรุปในที่นี้ได้ว่า ความคิดเรื่อง "ระบบ" มีลักษณะที่สื่อสารกันอยู่ 2 แนว คือ

1. ระบบในแง่ของ "การคิดเป็นระบบ" (systematic thinking) หมายถึงการกำหนดองค์ประกอบ และการจัดองค์ประกอบของระบบให้มีความสัมพันธ์กันอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เพื่อนำไปสู่จุดมุ่งหมายที่กำหนด ระบบในลักษณะนี้จะมีลักษณะเป็นผังการดำเนินงานหรือการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งที่เป็นลำดับขั้นตอน

2. ระบบในแง่ของ "การคิดเชิงระบบ" (system approach) หมายถึงการจัดระบบด้วยวิธีการเชิงระบบ ได้แก่ การจัดองค์ประกอบของระบบในกรอบความคิดของ ตัวป้อน กระบวนการ กลไกควบคุม ผลผลิต และข้อมูลป้อนกลับ และนำเสนอผังของระบบนั้นในรูปแบบของระบบที่สมบูรณ์ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน ดังกล่าวข้างต้น

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 77-78) ตามปกติแล้วการจัดระบบการสอนจะมีความหมายสำคัญ 2 ประการ ซึ่งนำไปสู่การวางแผนการสอน และการนำแผนนั้นไปใช้ ได้แก่

1. ความหมายแรก เป็นเรื่องเกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอน ที่มีการจัดให้ผู้สอนและผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยที่จุดมุ่งหมายสำคัญของปฏิสัมพันธ์ คือ การเอื้ออำนวยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีที่สุดขึ้นมา

2. ความหมายที่สอง เป็นเรื่องของวิธีการเฉพาะในการออกแบบระบบการสอน โดยจะประกอบด้วยวิธีที่เป็นระบบในการออกแบบ การวางแผน การนำไปใช้ และการประเมินผลกระบวนการรวมของการสอนนั้น ซึ่งเป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จตามจุดมุ่งหมายเฉพาะที่กำหนดไว้ โดยขึ้นอยู่กับการวิจัยด้านการเรียนรู้ และการสื่อสารของมนุษย์ การใช้วิธีการนี้จะสามารถทำให้มีระบบการสอนที่มีการจัดทรัพยากรบุคคลและสิ่งต่างๆ เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้

จะเห็นได้ว่าการจัดระบบการสอนเป็นการรวมของกระบวนการเรียนการสอนและการออกแบบการสอนควบคู่กันไปตลอดเวลา โดยในความหมายนั้นเป็นการให้ความสนใจว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้สอน และผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กันสูง ในขณะที่ความหมายที่สองกล่าวถึงวิธีการออกแบบที่มุ่งเน้นถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่วัดได้ จึงระบุถึงทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรมนุษย์ ให้ประสานสัมพันธ์กันอย่างถึงที่สุดจึงจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ขึ้นได้

2.3.2 เทคโนโลยีของการสอน ในการออกแบบการสอน

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 78-79) ในการที่จะเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ในกระบวนการสอนเพื่อจะให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้นได้นั้น ย่อมจะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมาใช้ในการวางแผนการสอน นั่นคือการนำเทคโนโลยีทางการสอน (Technology of Instruction) มาใช้ในการจัดระบบการเรียนการสอนนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kemp (1985 : 3) เทคโนโลยีของการสอนที่นำมาใช้ในการจัดระบบ หมายถึง การออกแบบการสอนอย่างมีระบบ ซึ่งอาศัยความรู้ ความเข้าใจ ของกระบวนการเรียนรู้โดยการรวมองค์ประกอบ และตัวแปรต่างๆ เข้าไว้ด้วยกัน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจในการออกแบบการสอนนั้นๆ แล้วจึงทำการทดสอบและแก้ไขปรับปรุงจนใช้ได้ผลดี เป็นการนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยในการใช้เทคโนโลยีของการสอน เพื่อการจัดระบบการสอนนี้ ต้องอาศัยกระบวนการของการวางแผนอย่างเป็นระบบ (Process of Systematic Planning) ซึ่งเป็นกระบวนการในการตรวจสอบปัญหา และความต้องการในการเรียนการสอน เพื่อหาทางแก้ไขปัญหาและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ โดยรวมไปถึงการประเมินผลด้วยวิธีการที่ใช้ในกระบวนการดังกล่าวนี้ รวมเรียกว่า "การออกแบบการสอน" (Instructional Design)

การที่จะพิจารณานำเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ในการเรียนการสอนนั้น ต้องคำนึงถึงสิ่งสำคัญ ดังนี้

1. มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอน เมื่อนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการเรียนการสอนแล้ว ทำให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้ตามที่วางจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมไว้ในแผนการสอนทุกประการ

2. ความเหมาะสมทันกาลทันเวลา ใช้ได้สะดวกนั้น ได้แก่ ความเหมาะสม ความสะดวกพวกวัสดุ เครื่องมือ อาคาร สถานที่ บุคลากร เช่น ถ้าครูต้องการใช้ภาพยนตร์สอนบทเรียนบทหนึ่ง เครื่องฉายภาพยนตร์ และภาพยนตร์ ควรจะมีการบริการให้ยืมใช้ในห้องเรียนตามเวลาที่กำหนด และควรจะมีเจ้าหน้าที่ใช้เครื่องฉายได้สักคนหนึ่งเพื่อแก้ไขปัญหาอันอาจจะเกิดขึ้นกับเครื่องฉายนั้น จะได้ไม่เสียเวลาเรียนของผู้เรียน

3. ประหยัดเกี่ยวกับราคาค่าใช้จ่าย หรือความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ โดยต้องพิจารณาว่า เทคนิควิธีที่ครูใช้นั้นคุ้มค่าราคาหรือการลงทุน อาจจะมีปัญหาเรื่องงบประมาณที่ทางสถานศึกษาจัดให้ไม่เพียงพอกับกิจกรรมนั้น

4. การเลือกใช้เทคนิคให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน เพราะว่าไม่มีสูตรหรือหลักเกณฑ์ตายตัวที่จะให้ครูเลือกใช้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การสอน เทคนิคบางประการใช้ได้ผลกับสถานศึกษาหนึ่ง แต่อาจไม่ได้ผลสำหรับสถานศึกษาหนึ่งก็ได้ ตัวแปรต่างๆ ในชั้นเรียนทำให้ไม่สามารถทำนายผลการใช้เทคนิคนั้นได้ อย่างไรก็ตามครูอาจใช้ประโยชน์จากประสบการณ์หรือการศึกษาค้นคว้าวิจัยของบุคคลอื่นๆ ที่ใช้ได้ผลดีเป็นแนวทางบ้างก็ได้

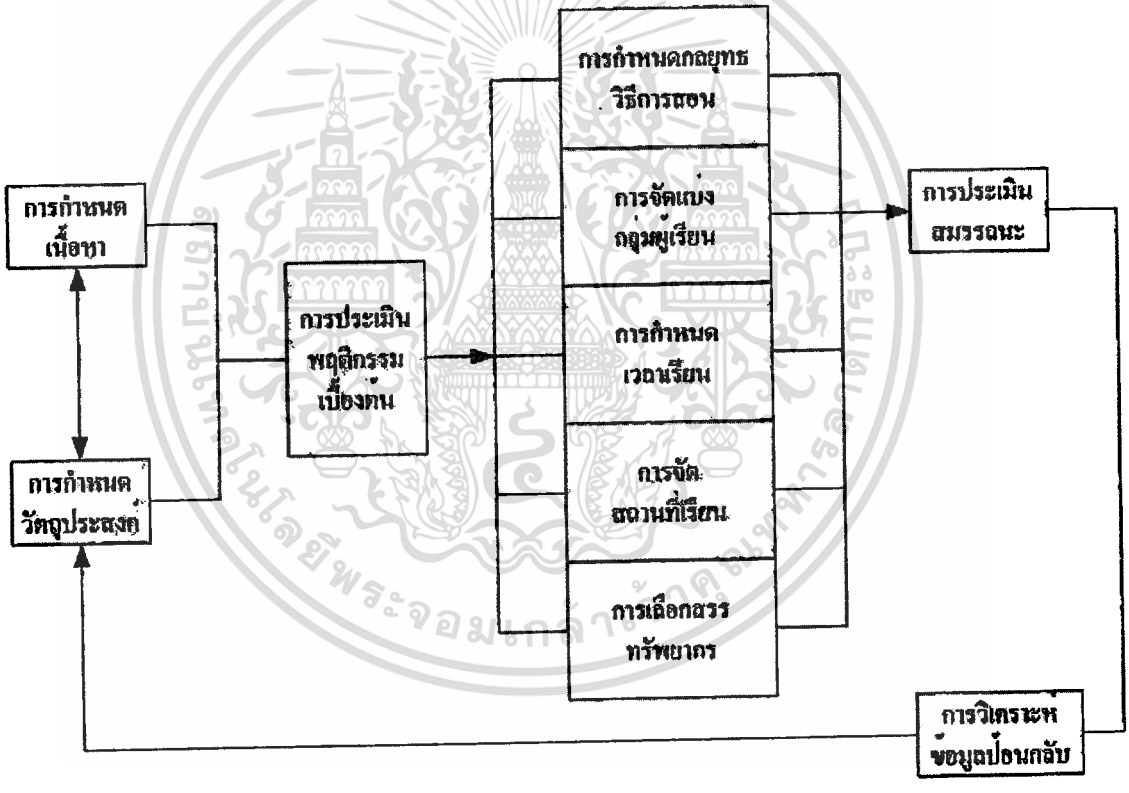
ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าในการนำเทคโนโลยีทางการสอนมาใช้ในการจัดระบบการสอน เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเพื่อการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนนั้น ย่อมต้องมีการวางแผนอย่างเป็นระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบการสอนยังต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกันอีกหลายประการ เพื่อประกอบกันให้เป็นการออกแบบการสอนที่สมบูรณ์ ในเรื่องนี้ได้มีนักเทคโนโลยีการศึกษาหลายท่าน ได้นำการจัดระบบมาใช้เพื่อการวางแผนและการออกแบบการสอน โดยจัดเป็นรูปแบบจำลองระบบการสอนต่างๆ มากมาย ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely) ซึ่งเป็นระบบการสอนที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย

2.3.3 ระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely)

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 86-88) ได้กล่าวถึงระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี เป็นระบบการสอนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วไปมีการแบ่งขั้นตอนออกได้เป็น 10 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ (Specification of Objectives) ระบบการสอนนี้เริ่มต้นการสอนด้วยการกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนขึ้นมาก่อนว่าควรเป็น "วัตถุประสงค์เฉพาะ" หรือเป็น "วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม" ที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติและผู้สอนวัดหรือสังเกตได้

2. การกำหนดเนื้อหา (Specification of content) เป็นการเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมเพื่อกำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และบรรลุถึงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การประเมินพฤติกรรมเบื้องต้น (Assessment of Entry Behaviors) เป็นการประเมินก่อนการเรียน เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและภูมิหลังของผู้เรียนก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้นๆ ว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในเรื่องที่จะสอนนั้นมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการที่จะจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

4. การกำหนดกลยุทธของวิธีการสอน (Determination of Strategy) การกำหนดกลยุทธเป็นวิธีการของผู้สอนในการใช้ความรู้ เลือกทรัพยากร และกำหนดบทบาทของผู้เรียนในการเรียน ซึ่งเป็นแนวทางเฉพาะเพื่อช่วยให้สามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน วิธีการสอนตามกลยุทธนี้แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

4.1 การสอนแบบเตรียมเนื้อหาความรู้ให้แก่ผู้เรียนโดยสมบูรณ์ทั้งหมด (expository approach) เป็นการสอนที่ผู้สอนป้อนความรู้ให้ผู้เรียนโดยการใช้สื่อต่างๆ และจากประสบการณ์ของผู้สอน การสอนแบบนี้ได้แก่ การสอนแบบบรรยาย หรือการสอนแบบอภิปราย โดยที่ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องค้นคว้าหาความรู้ใหม่ด้วยตนเองแต่อย่างใด

4.2 การสอนแบบสืบเสาะหมาความรู้หรือแบบไต่ถาม (discovery or inquiry approach) เป็นการสอนที่ผู้สอนมีบทบาทเพียงเป็นผู้เตรียมสื่อและจัดสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ในการเรียน เป็นการจัดสภาพการณ์ให้การเรียนรู้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยที่ผู้เรียนต้องค้นคว้าหาความรู้เอาเอง

5.การจัดแบ่งกลุ่มผู้เรียน (Organization of Groups) เป็นการจัดกลุ่มผู้เรียนให้เหมาะสมกับวิธีสอนและเพื่อให้ได้เรียนรู้ร่วมกันอย่างเหมาะสม โดยจะต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ เนื้อหา และวิธีการสอนด้วย

6. การกำหนดเวลาเรียน (Allocation of Time) การกำหนดเวลา หรือการใช้เวลาในการเรียนการสอนจะขึ้นอยู่กับเนื้อหาที่จะเรียน วัตถุประสงค์ สถานที่ และความสนใจของผู้เรียน

7. การจัดสถานที่เรียน (Allocation of Space) การจัดสถานที่เรียนจะขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มผู้เรียน แต่ในบางครั้งสถานที่เรียนแต่ละแห่งอาจจะไม่เหมาะสมกับวิธีการสอนแต่ละอย่าง ดังนั้น จึงควรมีสถานที่เรียนหรือห้องเรียนในลักษณะต่างกัน 3 ขนาด คือ

7.1 ห้องเรียนขนาดใหญ่ สามารถสอนได้ครั้งละ 50-300 คน

7.2 ห้องเรียนขนาดเล็ก เพื่อใช้ในการเรียนการสอนแบบกลุ่มย่อย หรือการจัดกลุ่มสัมมนาหรืออภิปราย

7.3 ห้องเรียนแบบเสรีหรืออิสระ เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนตามลำพังซึ่งอาจเป็นห้องศูนย์สื่อการสอนที่มีคูหาเรียนรายบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การเลือกสรรทรัพยากร (Allocation of Resources) เป็นการที่ผู้สอนเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เนื้อหา วิธีการสอน และขนาดของกลุ่มผู้เรียนเพื่อให้การสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การเลือกใช้ทรัพยากรหรือสื่อการสอนสามารถแบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ

8.1 สื่อบุคคลและของจริง หมายถึง ผู้สอน ผู้ช่วยสอน วิทยากรพิเศษ หรือของจริงต่างๆ เพื่อช่วยในการประกอบการสอน เป็นต้น

8.2 วัสดุและอุปกรณ์เครื่องฉาย เช่น ภาพยนตร์ แผ่นโปร่งใส สไลด์ ฟิล์มสทริป ฯลฯ

8.3 วัสดุและอุปกรณ์เครื่องเสียง เช่น วิทยุ เครื่องบันทึกเสียง ฯลฯ

8.4 สิ่งพิมพ์ เช่น หนังสือ วารสาร รูปภาพ ฯลฯ

8.5 วัสดุที่ใช้แสดง เช่น แผนที่ ลูกโลก ของจำลองต่างๆ ฯลฯ

9. การประเมินสมรรถนะ (Evaluation of Performance) เป็นการประเมินสมรรถนะความสามารถและพฤติกรรมของผู้เรียน อันเกิดจากกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนเรียนกับผู้เรียน หรือระหว่างผู้เรียนกับสื่อการสอน การประเมินเป็นสิ่งสำคัญมากในการเรียนและเป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายของระบบการสอนที่ยึดเอาวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้เป็นหลักในการดำเนินงาน

10. การวิเคราะห์ข้อมูลป้อนกลับ (Analysis of Feedback) เมื่อขั้นตอนของการประเมินเสร็จสิ้นลงแล้ว จะทำให้ทราบได้ว่าผลที่เกิดขึ้นนั้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด ถ้าผลที่เกิดขึ้นนั้นไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ก็ต้องทำการวิเคราะห์ผลหรือย้อนกลับมาพิจารณาว่า ในการดำเนินงานตั้งแต่ต้นนั้นมีข้อบกพร่องอะไรบ้างในระบบ หรือว่ามีปัญหาประการใดบ้าง ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบการสอนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สื่อประสม

การใช้สื่อประสมในการเรียนการสอนมีใช้กันมานานแล้ว โดยแต่เดิมนั้นจะเป็นการนำสื่อหลายอย่างมาใช้ร่วมกัน แต่จะเป็นการใช้สื่อแต่ละอย่างเรียงลำดับกันเพื่อช่วยให้การสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ต่อมาเมื่อถึงยุคเทคโนโลยีสารสนเทศในปัจจุบันและมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในการเรียนการสอน จึงทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ร่วมในลักษณะของสื่อประสม โดยเป็นการใช้ในการควบคุมอุปกรณ์รอบข้างและเป็นอุปกรณ์ในการผลิตแฟ้มสื่อประสมเพื่อการเรียนการสอน การฝึกอบรม และการเสนองาน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การใช้สื่อประสมในปัจจุบันมีการใช้ทั้งในรูปแบบเดิมและในรูปแบบใหม่ที่นำคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนร่วมในการใช้งาน

กิดานันท์ มลิทอง (2543 : 267) อธิบายความหมายของสื่อประสม หมายถึง การนำสื่อหลายๆ ประเภทมาใช้ร่วมกันทั้งวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดในการเรียนการสอน โดยการใช้สื่อแต่ละอย่างตามลำดับขั้นตอนของเนื้อหา และในปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมด้วย เพื่อการผลิตหรือการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในการเสนอข้อมูล ทั้งตัวอักษร ภาพกราฟฟิก ภาพถ่าย ภาพเคลื่อนไหวแบบวีดิทัศน์ และเสียง

2.4.1 องค์ประกอบของสื่อประสม

จากความหมายของสื่อประสมที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่า สื่อประสมในปัจจุบันจะใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการเสนอสารสนเทศน์ในรูปแบบรวมของข้อความ เสียง ภาพนิ่ง ภาพกราฟฟิกเคลื่อนไหว และภาพเคลื่อนไหวแบบวีดิทัศน์ เพื่อรวมเป็นองค์ประกอบของสื่อประสม ในลักษณะของ "สื่อหลายมิติ" โดยก่อนที่จะมีการประมวลเป็นสารสนเทศน์นั้น ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับรูปแบบโดยแบ่งเป็นลักษณะดังนี้

1. ภาพนิ่ง ก่อนที่ภาพถ่าย ภาพวาด หรือภาพต่างๆ ที่เป็นภาพนิ่งจะเสนอบนจอคอมพิวเตอร์ให้แลดูสวยงามได้นั้น ภาพเหล่านี้จะต้องถูกเปลี่ยนรูปแบบก่อน เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถใช้และเสนอภาพเหล่านั้นได้

2. ภาพเคลื่อนไหว หมายถึง ภาพกราฟฟิกเคลื่อนไหว หรือที่เรียกกันว่าภาพ "แอนิเมชัน" (animation) ซึ่งนำภาพกราฟฟิกที่วาดหรือถ่ายเป็นภาพนิ่งไว้มาสร้างให้แลดูเคลื่อนไหวด้วยโปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหว ภาพเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการจำลองสถานการณ์จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาพเคลื่อนไหวแบบวีดิทัศน์ การบรรจุภาพเคลื่อนไหวแบบวีดิทัศน์ลงในคอมพิวเตอร์จำเป็นจะต้องโปรแกรมและอุปกรณ์เฉพาะในการจัดทำ ปกติแล้วแฟ้มภาพวีดิทัศน์จะมีขนาดเนื้อที่บรรจุใหญ่มาก ดังนั้นจึงต้องลดขนาดแฟ้มภาพลงด้วยการใช้เทคนิคการบีบอัดภาพ (compression) ด้วยการลดพารามิเตอร์บางส่วนของสัญญาณในขณะที่คงเนื้อหาสำคัญไว้ รูปแบบของภาพวีดิทัศน์บีบอัดที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ Quicktime, AVI และ MPEG

4. เสียง เสียงที่ใช้ในสื่อประสมจำเป็นต้องบันทึกและจัดรูปแบบเฉพาะเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจและใช้ได้ รูปแบบเสียงที่นิยมใช้กันมากจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ Waveform (WAV) และ Musical Instrument Digital Interface (MIDI) แฟ้มเสียง WAV จะบันทึกเสียงจริง ส่วนแฟ้มเสียง MIDI จะเป็นการสังเคราะห์เสียงเพื่อสร้างเสียงใหม่ขึ้นมาจึงทำให้แฟ้มมีขนาดเล็กกว่าแฟ้ม WAV แต่คุณภาพเสียงจะด้อยกว่า

5. ส่วนต่อประสาน เมื่อมีการนำข้อมูลต่างๆ มารวบรวมสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลด้วยโปรแกรมสร้างสื่อประสมแล้ว การที่จะนำองค์ประกอบต่างๆ มาใช้งานด้วยนั้น จำเป็นต้องใช้ส่วนต่อประสานเพื่อใช้ผู้ใช้สามารถใช้งานโต้ตอบกับข้อมูลสารสนเทศเหล่านั้นได้

6. การเชื่อมโยงหลายมิติ ส่วนสำคัญอย่างหนึ่งของการใช้งานในรูปแบบสื่อประสมในลักษณะของสื่อหลายมิติ คือ ข้อมูลต่างๆ สามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างรวดเร็ว โดยใช้จุดเชื่อมโยงหลายมิติ (hyperlink) การเชื่อมโยงนี้จะสร้างการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลตัวอักษร ภาพและเสียง โดยการใช้สี ข้อความขีดเส้นใต้ หรือสัญลักษณ์ต่างๆ

2.4.2 สื่อประสมในการศึกษา

การใช้สื่อประสมในการศึกษาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนการสอนได้อย่างมาก โดยใช้ในลักษณะของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) รูปแบบต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ผลิตบทเรียนลงแผ่นซีดีออกจำหน่ายมากมาย หรือผู้สอนจะจัดทำบทเรียนได้เองโดยใช้โปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ช่วยในการจัดทำ เพื่อความสะดวกในการเรียนการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

การสอนโดยทั่วไป เรามักใช้โปรแกรม PowerPoint นำเสนอผ่านเครื่องฉาย Projector ซึ่งจะสามารถแสดงภาพที่มีสีสัน หรือภาพเคลื่อนไหว สร้างความเร้าใจ และชวนติดตามบทเรียนได้เป็นอย่างดี หากแต่การบรรยายแต่ละครั้ง เราสามารถบันทึกภาพเหตุการณ์ทั้งข้อความ เนื้อหา พร้อมอริยบทของผู้บรรยายได้ครบถ้วน แล้วจัดเก็บรายละเอียดทั้งหมดไปรูปแบบของสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ เราจะได้สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับการทบทวนบทเรียนด้วยตนเองที่มีบรรยากาศเสมือนการบรรยายจริง (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 1)

การสร้างสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์สำหรับการเรียนการสอนดังกล่าว จะใช้โปรแกรมที่ชื่อว่า " พิมพ์ครู " (Presentational Instruction Media Creator : PIMC) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ช่วยให้การใช้โปรแกรม PowerPoint ปกติธรรมดากลายเป็นโปรแกรมที่จะช่วยสร้างบทเรียนสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ ได้โดยผู้บรรยายหรือผู้สอนเอง โดยไม่ต้องมีผู้ช่วย (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 20) โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย โครงการสำนักนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา ร่วมกับ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โปรแกรมพิมพ์ครูจะใช้งานร่วมกับโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP ขั้นตอนการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรมพิมพ์ครู คือ ทำการติดตั้งโปรแกรม Windows Media Encoder Ver.9 และติดตั้งโปรแกรมพิมพ์ครู หากติดตั้งโปรแกรมทั้งสองแล้ว เมื่อเปิดโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 จะปรากฏไอคอนของโปรแกรมพิมพ์ครูที่แถบเครื่องมือของโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ด้วย หลังจากนั้นทำการติดตั้งกล้องดิจิตอลและไมโครโฟน ซึ่งผู้สอนจะต้องเตรียมภาพ Slide PowerPoint ให้พร้อมจะบรรยาย เมื่อติดตั้ง Software และ Hardware ดังกล่าวเรียบร้อยแล้วผู้สอนจะทำการบรรยายหรือสาธิตการทำงานของเนื้อเรื่องที่ทำการสอน โดยโปรแกรมจะบันทึกภาพ Slide PowerPoint พร้อมกับอริยบทของผู้สอน เมื่อบรรยายจบ โปรแกรมจะทำการแปลงข้อมูลการบรรยายทั้งหมดเป็นบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ให้โดยอัตโนมัติ หลังจากนั้นทำการบันทึกรายละเอียดทั้งหมดลงแผ่น CD-ROM ทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนดังกล่าวได้ทุกเวลาโดยใช้แผ่น CD-ROM ซึ่งเรียกกระบวนการเรียนรู้นี้ว่า " บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ " หรือ Electronics Lecture : E-Lecture (สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547 : 1)

สุรสิทธิ์ ราตรี (2547 : 3) ได้อธิบายว่า ระบบ E-Lecture คือระบบเก็บบันทึกอริยบทการสอนการบรรยายของครู เพื่อจัดเก็บเป็นสื่อบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ไว้ในสื่อประสมอิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ พร้อมให้ถูกเรียกใช้งานเพื่อทบทวนบทเรียนได้ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ (2520 : 134-136) ได้อธิบายความหมายของการหาประสิทธิภาพชุดการสอน ตรงกับภาษาอังกฤษว่า "Developmental Testing" (การตรวจสอบพัฒนาการเพื่อให้งานดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ) หมายถึง การนำชุดการสอนไปทดลองใช้ (Try Out) เพื่อปรับปรุงแล้วนำไปทดลองสอนจริง (Trial Run) นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงผลิตออกมาจำนวนมาก

1. การทดลองใช้ หมายถึง การนำชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดลองใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2. การทดลองสอนจริง หมายถึง การนำชุดการสอนที่ได้ทดลองใช้ และปรับปรุงแล้วทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียน หรือในสถานการณ์เรียนที่แท้จริง เป็นเวลา 1 ภาคการศึกษาเป็นอย่างน้อย

2.6.1 ความจำเป็นที่จะต้องหาประสิทธิภาพ

ในการผลิตระบบการดำเนินงานทุกประเภท จำต้องมีการตรวจสอบระบบนั้นเพื่อเป็นการประกันว่าจะมีประสิทธิภาพจริงตามที่มุ่งหวัง การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนมีความจำเป็นด้วยเหตุผลหลายประการ คือ

1. สำหรับหน่วยงานผลิตชุดการสอน เป็นการประกันคุณภาพของชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการหาประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว หากผลผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ จะต้องทำใหม่เป็นการสิ้นเปลืองเวลา

2. สำหรับผู้ใช้ชุดการสอน ชุดการสอนจะทำหน้าที่สอนโดยที่ช่วยสร้างสภาพการเรียนรู้ ให้ผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู ดังนั้นก่อนนำชุดการสอนไปใช้ ครูจึงต้องมั่นใจว่าชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จริง การหาประสิทธิภาพตามลำดับขั้น จะช่วยให้เราได้ชุดการสอนที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

3. สำหรับผู้ผลิตชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาสาระที่บรรจุในชุดการสอนเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญสูงขึ้น เป็นการประหยัดแรงสมอง แรงงาน และเวลาในการเตรียมต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 **การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ**

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน และคุ้มกับการลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือการประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า "กระบวนการ" (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม หรือกิจกรรมอื่นที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือการประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่

ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาความพอใจ โดยปรกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตนศึกษาอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำ เพราะตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใด มักได้ผลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุวิทย์ ยิบมันตะสิริ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนตามปกติ กับนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือนที่สร้างขึ้น

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เรียนวิชาการสื่อสารข้อมูล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 มีจำนวนทั้งสิ้น 64 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 28 คน กำหนดให้เรียนตามปกติ และกลุ่มทดลองจำนวน 36 คน กำหนดให้เรียนผ่านระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน โดยกำหนดให้ทั้ง 2 กลุ่มเรียนในเวลาเดียวกันจากอาจารย์ผู้สอนคนเดียวกัน เป็นเวลา 7 สัปดาห์ หลังจากนั้นนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบกลางภาคเรียนมาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และให้กลุ่มทดลองทำแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อหาความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติ ค่าเฉลี่ยมัชฌิมเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน และ t-test

ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษาที่เรียนตามปกติกับนักศึกษาที่เรียนด้วยระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน โดยมีความเชื่อมั่นที่ 95% และนักศึกษามีความพึงพอใจมากกับระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.09

วีระพจน์ ปรีพูล (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องทรานซิสเตอร์ เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กับการเรียนปกติ โดยผู้วิจัยได้กำหนดสมมุติฐานให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกันในรายวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร เรื่องทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นเนื้อหาในส่วนของการสอนภาคทฤษฎี

สำหรับประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนในระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ จำนวน 80 คน และกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายโดยการจับฉลาก จำนวน 60 คน โดยผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพ จำนวน 20 คน กลุ่มที่ 2 ใช้สำหรับทดลองเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำนวน 20 คน และกลุ่มที่ 3 ใช้สำหรับการเรียนโดยวิธีสอนปกติ จำนวน 20 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 81.00/83.33 และจากผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เกิดขึ้นจากวิธีการเรียนการสอนทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน และทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) บรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนที่กำหนดไว้

ยงยุทธ สุทธิชาติ (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไดโอด เพื่อสร้างและพัฒนาพร้อมทั้งหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไดโอด ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2538 โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไดโอดมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 30 คน ที่ยังไม่เคยเรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้นมาก่อน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.74 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.62 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.68 และผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.25

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไดโอด ที่ได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.67/84.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ คือ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

อนันตพัฒน์ อนันตชัย (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1

กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 กลุ่มห้องเรียน จำนวน 20 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 ความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.83 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.05-0.45 และค่าความเชื่อมั่นเป็น 0.48

การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เกณฑ์ 80/80 ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีประสิทธิภาพ 80.10/79.60

วิจารณ์ สงกรานต์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก เพื่อพัฒนา พร้อมทั้งหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาด้านคอมพิวเตอร์ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2546 สถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 32 คน ได้โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling)

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.80/81.77 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

ประพจน์ จิระสกุลพร (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พุทธศักราช 2537 เพื่อพัฒนาชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูลตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พุทธศักราช 2537

วิธีดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล จำนวน 16 หน่วยการสอน โดยมีเนื้อหาครอบคลุมหลักสูตร ซึ่งประกอบด้วย แผนการสอน คู่มือการใช้ชุดการสอน สื่อแผ่นใส สื่อคอมพิวเตอร์นำเสนอภาพสไลด์ประกอบเสียงด้วยบราว์เซอร์ และแบบทดสอบ โดยนำชุดการสอนที่พัฒนาขึ้น ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต จำนวน 2 กลุ่ม คือ นักศึกษาสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน และนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน จำนวน 20 คน รวมกลุ่มตัวอย่าง 40 คน โดยระหว่างการทดลองให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด หลังจากนั้นทดสอบด้วยแบบทดสอบอีกครั้งหนึ่ง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์และสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.90/80.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

อรไท ก้อนมณี (2548 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการถอด-ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ ในรายวิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเบื้องต้น หลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น พุทธศักราช 2540 ซึ่งออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้การซ่อมและบำรุงเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลด้วยตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานทางด้านการฝึกทักษะในการปฏิบัติงาน เป็นการสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์ฝึกทักษะตามความสามารถของแต่ละบุคคล จนเกิดความชำนาญและมีทักษะที่สามารถนำไปทดลองปฏิบัติงานจริงได้

โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ สามารถนำมาใช้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของผู้เรียนเมื่อฝึกปฏิบัติด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นสามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป จึงสามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ผู้เรียนต้องผ่านการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนภาคทฤษฎีหัวข้อส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ หลังจากเรียนจบบทเรียนแล้วต้องได้คะแนนมากกว่าร้อยละ 80 จึงสามารถเข้ารับการฝึกปฏิบัติงานและขอเข้ารับการประเมินจากครูฝึก โดยใช้แบบรายการความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นผู้เรียนหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น วิทยาลัยสารพัดช่างลพบุรี ที่กำลังศึกษาในหัวข้อเรื่องการถอด-ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อผู้เรียนศึกษาส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการทดสอบโดยการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนภาคทฤษฎี หัวข้อส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 40 ข้อ ผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 87.87 ผู้เรียนที่ผ่านการประเมินแล้ว สามารถฝึกปฏิบัติด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น และเข้ารับการประเมินจากครูฝึก ผลการประเมินพบว่า มีผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินคิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้เรียนทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 94.89 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน คือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการถอด-ประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถนำมาใช้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ โดยร้อยละ 80 ของผู้เรียน เมื่อฝึกปฏิบัติด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น สามารถผ่านการทดสอบด้วยคะแนนร้อยละ 80 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อใช้ในการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 49 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากจากนักศึกษาที่เรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 2 ประเภท คือ การสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ และการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 **การสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์**

ในการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยศึกษาจากระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely) แบ่งออกเป็น 10 ขั้นตอน (อ้างใน กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 86-88) ซึ่งสอดคล้องกับการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยทำการกำหนดคุณสมบัติความสามารถของระบบการสอนโดยใช้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. การกำหนดเนื้อหา ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 เรื่องอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เพื่อใช้ในการสอนผ่านบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จะกล่าวถึงสารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ ไดโอด การประยุกต์ใช้งานไดโอด ทรานซิสเตอร์ และการประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์

3. การประเมินพฤติกรรมเบื้องต้น ทำการประเมินผู้เรียนก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน เพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมและภูมิหลังของผู้เรียนก่อนที่จะเรียนเนื้อหานั้น ว่าผู้เรียนมีความรู้ความสามารถในเรื่องที่จะสอนมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

4. การกำหนดกลยุทธ์ของวิธีการสอน กำหนดให้ผู้สอนใช้คอมพิวเตอร์ในการสอน เพื่อให้สามารถสอนผ่านบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งในเวลาเรียนผู้เรียนจะสามารถเห็นเนื้อหาและอริยบทของผู้สอนผ่านทางคอมพิวเตอร์

5. การจัดแบ่งกลุ่มผู้เรียน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 20 คน

6. การกำหนดเวลาเรียน ในการวิจัยครั้งนี้เริ่มตั้งแต่เปิดภาคเรียนที่ 2 จนถึงสอบกลางภาคเรียน (เป็นระยะเวลา 9 สัปดาห์ แบ่งเป็นการสอน 8 สัปดาห์ และอีก 1 สัปดาห์ เป็นการสอบกลางภาคเรียน) ซึ่งมีอยู่ 6 หน่วยการสอน ในแต่ละหน่วยการสอนจะใช้เวลา 1 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบ

7. การจัดสถานที่เรียน ในการเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งต้องใช้ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนจะจัดให้ผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์ 1 คน ต่อ คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

8. การเลือกสรรทรัพยากร ผู้วิจัยใช้โปรแกรมพิมพ์ครู ซึ่งเป็นโปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสามารถนำเสนอเนื้อหาในวิชา พร้อมทั้งอริยบทของผู้สอนผ่านโปรแกรม PowerPoint ไปสู่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เห็นภาพ เสียง และเนื้อหาวิชาไปพร้อมๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. การประเมินสมรรถนะ จากการที่ผู้เรียนได้เรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์จบในแต่ละบท ผู้เรียนจะต้องทำการทดสอบโดยใช้แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เพื่อนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดมาหาประสิทธิภาพระหว่างเรียน หลังจากจบบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 6 บทเรียน ผู้เรียนจะต้องทำการทดสอบกลางภาคโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพหลังเรียน

10. การวิเคราะห์ข้อมูลป้อนกลับ หลังจากหาค่าประสิทธิภาพก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำค่าประสิทธิภาพทั้ง 2 มาเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้เพื่อทบสอบว่าตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่ แล้วจึงดำเนินการอภิปรายผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากระบบการสอนของเกอร์ลาชและอีลี (Gerlach and Ely) ทั้ง 10 ขั้นตอน มาดัดแปลงเป็นขั้นตอนการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

2. ศึกษาโปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยโปรแกรมพิมพ์ครู, โปรแกรม PowerPoint 2000 และโปรแกรมที่ใช้ในการบันทึกภาพ และเสียงในขณะทำการสอน

3. สร้างเนื้อหาที่ใช้ในการสอน โดยใช้โปรแกรม PowerPoint 2000

4. เมื่อสร้างเนื้อหาที่ใช้ในการสอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว นำเนื้อหาที่อยู่ในรูปแบบของโปรแกรม PowerPoint 2000 มาให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความสมบูรณ์ หากมีข้อบกพร่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุง

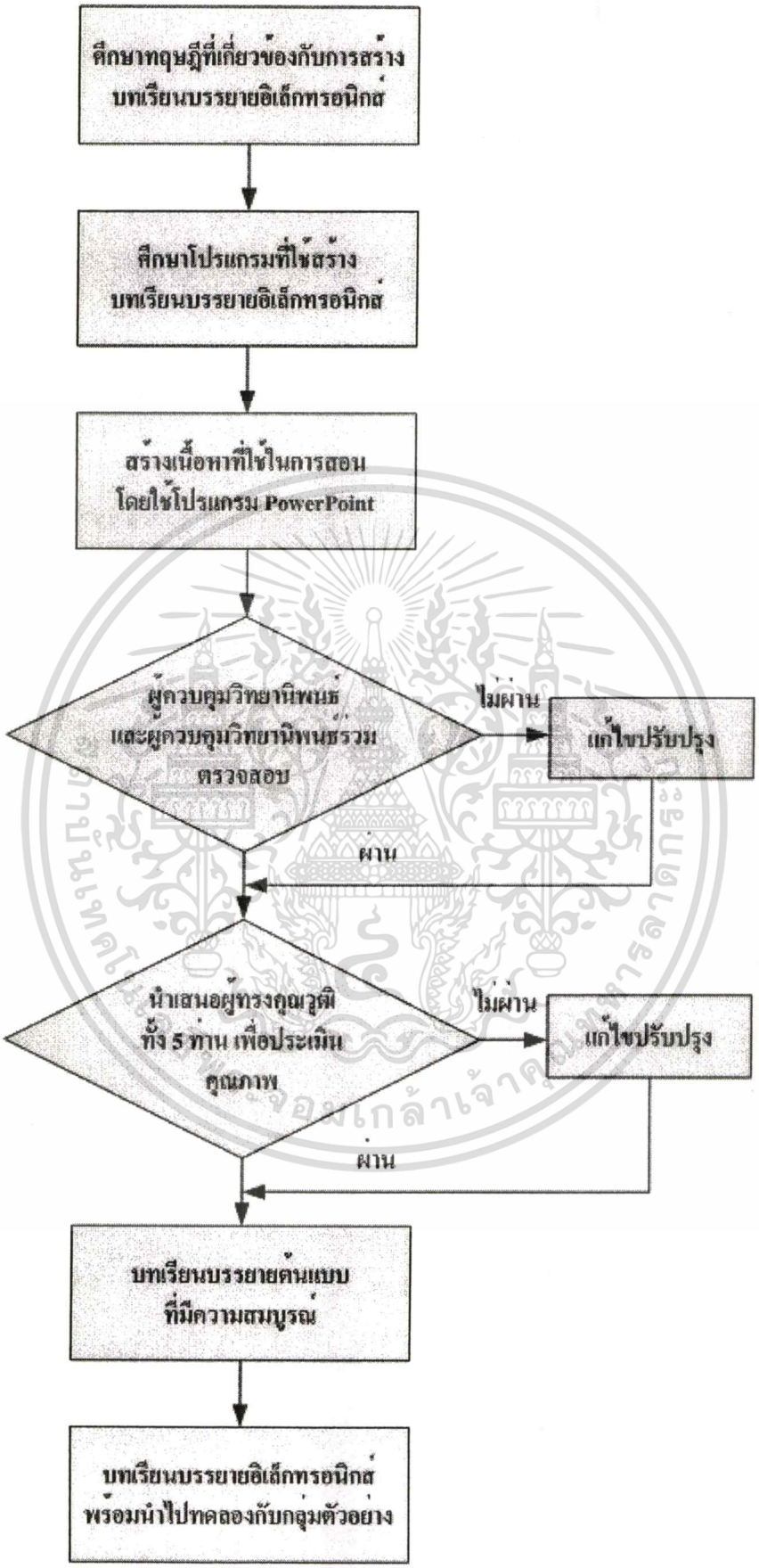
5. เมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม จึงนำเนื้อหาที่ใช้ในการสอนซึ่งอยู่ในรูปแบบของโปรแกรม PowerPoint 2000 เสนอผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพ หากมีข้อบกพร่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุง

6. เมื่อผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน จะได้เนื้อหาที่อยู่ในรูปแบบของโปรแกรม PowerPoint 2000 ที่มีความสมบูรณ์ พร้อมจะนำไปใช้ในการเรียนการสอนตามปกติ

7. นำเนื้อหาในขั้นตอนที่ 6 ไปใช้ในการเรียนการสอนตามปกติ โดยใช้โปรแกรมพิมพ์ครูซึ่งใช้งานร่วมกับโปรแกรม PowerPoint 2000 พร้อมทั้งบันทึกอริยบทการสอน เพื่อจัดทำเป็นบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ พร้อมนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน

สรุปขั้นตอนการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบฝึกหัดท้ายบทซึ่งมีทั้งหมด 6 บท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2543 : 62-66)

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา ซึ่งจะต้องทำการวิเคราะห์ดูว่ามีหัวข้อเนื้อหาใดบ้างที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และที่จะต้องวัดแต่ละหัวข้อเหล่านั้น ต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมหรือสมรรถภาพอะไร ต้องกำหนดออกมาให้ชัดเจน

2. กำหนดพฤติกรรมย่อยที่จะออกข้อสอบ จากขั้นแรกพิจารณาต่อไปว่าจะวัดพฤติกรรมย่อยอะไรบ้าง อย่างละกี่ข้อ พฤติกรรมย่อยดังกล่าวคือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมนั่นเอง เมื่อกำหนดจำนวนข้อที่ต้องการจริงเสร็จแล้ว ต่อมาพิจารณาว่าจะต้องออกข้อสอบเกินไว้หัวข้อละกี่ข้อ ควรออกเกินไว้ไม่ต่ำกว่า 25% ทั้งนี้เนื่องจาก หลังจากที่นำไปทดลองใช้และวิเคราะห์หาคุณภาพของข้อสอบรายข้อแล้ว จะต้องตัดข้อที่มีคุณภาพไม่เข้าเกณฑ์ออก ข้อสอบที่เหลือจะได้ไม่น้อยกว่าจำนวนที่ต้องการจริง

3. กำหนดรูปแบบของข้อคำถาม และศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ เป็นการตัดสินใจว่าจะใช้ข้อคำถามในรูปแบบใด และศึกษาวิธีเขียนข้อสอบเพื่อวัดจุดประสงค์ประเภทต่างๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบ เพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการเขียนข้อสอบที่ถูกต้อง

4. เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามตารางที่ได้กำหนดจำนวนข้อสอบของแต่ละจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

5. ตรวจทานข้อสอบ นำข้อสอบที่ได้เขียนไว้แล้วมาพิจารณาทบทวนอีกครั้ง โดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชา แต่ละข้อวัดพฤติกรรมย่อยหรือจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือไม่ ภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจน เข้าใจง่ายหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าเกณฑ์หรือไม่ ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

6. ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และข้อสอบที่วัดแต่ละจุดประสงค์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาไม่ต่ำกว่า 5 ท่าน พิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดตามจุดประสงค์ที่ระบุไว้หรือไม่

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำข้อสอบทั้งหมดที่ผ่านการพิจารณาว่าเหมาะสมเข้าเกณฑ์จากขั้นที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับแบบทดสอบ วิธีตอบ จัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

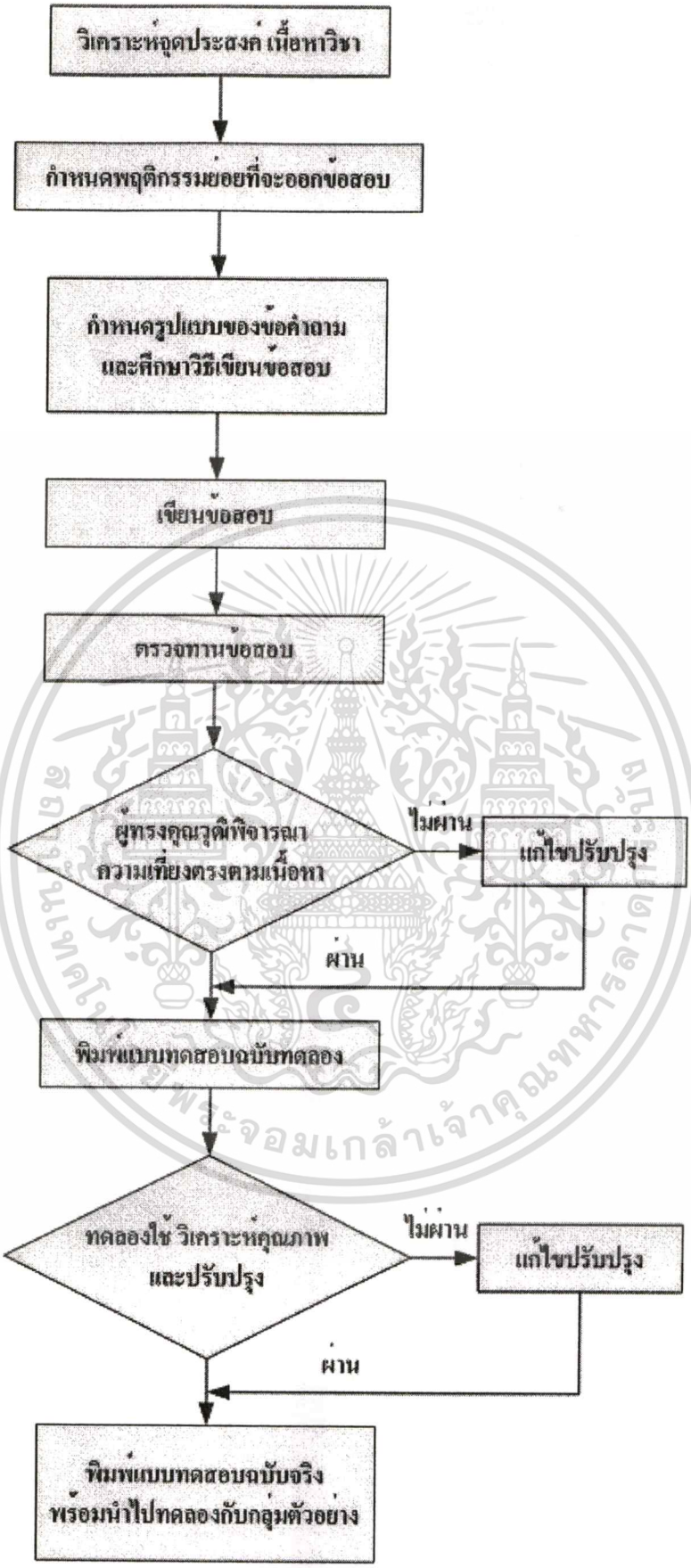
8. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง นำเอาแบบทดสอบไปทดลองสอบกับผู้เรียนที่ผ่านการเรียนวิชานั้นแล้ว หรือนำไปทดลองสอบกับกลุ่มที่คล้ายกับกลุ่มตัวอย่างจริง และนำผลการสอบมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

9. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ในขั้นที่ 8 นำแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงต่อไป โดยเน้นรูปแบบการพิมพ์ที่ประณีต มีความถูกต้อง มีคำชี้แจงที่ละเอียดชัดเจน และผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังภาพที่ 3.2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยซึ่งประกอบด้วย สื่อการสอนที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรม PowerPoint และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 การตรวจสอบคุณภาพบทเรียนที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรม PowerPoint

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อใช้ตรวจสอบคุณภาพสื่อการสอนที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรม PowerPoint ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดหัวข้อที่จะประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา โดยแบ่งเกณฑ์การจัดระดับความคิดเห็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ยความคิดเห็น 5 ระดับ ตามแบบของ John W. Best (1977) ดังนี้

เกณฑ์การจัดระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

ระดับ 5	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับดีมาก
ระดับ 4	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับดี
ระดับ 3	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
ระดับ 2	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับพอใช้
ระดับ 1	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ยความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

4.50 – 5.00	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับดีมาก
3.50 – 4.49	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับดี
2.50 – 3.49	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับพอใช้
1.00 – 1.49	ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นในระดับควรปรับปรุง

ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้จากแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาต้องมีค่าเฉลี่ย $\geq$ 3.50 จึงถือว่าสื่อการสอนที่อยู่ในรูปแบบโปรแกรม PowerPoint ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

2. นำแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาที่สร้างขึ้นให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความสมบูรณ์ หากมีข้อบกพร่องต้องทำการแก้ไขปรับปรุง

3. นำแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาที่ปรับปรุงแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่านตรวจสอบ โดยมีรายนามดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผศ.กิติพงค์ มะโน

ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการสำนักหอสมุดกลาง

สถานที่ทำงาน : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล่ำ

ตำแหน่ง : นักพัฒนาทรัพยากรบุคคลระดับ 8ว

สถานที่ทำงาน : สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา

3. อาจารย์วันชัย ชันประสิทธิ์

ตำแหน่ง : ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

4. ผศ.ปัญญา ทองนิล

ตำแหน่ง : ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและบริการวิชาการ

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

5. ผศ.ธนกฤต ทองคล้ำ

ตำแหน่ง : ประธานโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา

สถานที่ทำงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ผลการประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 แสดงว่าสื่อการสอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

3.3.2 **การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เพื่อตรวจว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยใช้วิธีการตรวจสอบคุณภาพของโรวิเนลลี (Rovinelli) และแฮมเบิลตัน (Hambleton) ซึ่งได้เสนอวิธีการพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เรียกว่า ดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item Objective Congruence) ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

+1 ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 ถ้าแน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

หลังจากผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเรียบร้อยแล้ว นำผลการพิจารณามาหาค่าเฉลี่ย เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 ซึ่งแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ถ้าค่าเฉลี่ยน้อยกว่า .50 แสดงว่ามีดัชนีความสอดคล้องต่ำ ต้องปรับปรุงแก้ไขอย่างใดอย่างหนึ่งหรือตัดออกไม่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ .50 ถึง 1.00 มาหาคุณภาพ โดยการวิเคราะห์คุณภาพแบบรายข้อ คือ การหาคุณลักษณะด้านความยากง่าย และอำนาจจำแนก ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทั้งฉบับ คือ การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลปรากฏว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.80-1.00

3.3.2.1 **การหาค่าความยากง่าย**

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2546 : 95) ความยากง่าย (Difficulty) คือสัดส่วนที่แสดงว่าข้อสอบนั้นมีคนทำถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนทำถูกมาก เป็นข้อสอบง่าย ถ้ามีคนทำถูกน้อยเป็นข้อสอบยาก การหาค่าความยากง่ายเป็นวิธีตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่เกี่ยวกับสมรรถภาพของสมอง (Cognitive Domain) มีลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อ (Item Analysis) ไม่ใช่เป็นการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งฉบับ ค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 นิยมเขียนแทนด้วย P ค่าร้อยละหรือสัดส่วนที่คำนวณได้มีความหมายดังนี้

ตารางที่ 3.1 การแปลความหมายค่าร้อยละหรือสัดส่วนของความยากง่าย

ค่าความยากง่าย		ความหมายระดับความยากง่าย	คุณภาพข้อสอบ
ร้อยละ	สัดส่วน		
80-100	0.80-1.00	ง่ายมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่
60-79	0.60-0.79	ง่าย	พอใช้ได้
40-59	0.40-0.59	ปานกลาง	ดีมาก
20-39	0.20-0.39	ยาก	พอใช้ได้
0-19	0.00-0.19	ยากมาก	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

ข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ควรเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายปานกลาง คือ ประมาณ 0.5 แต่ในทางปฏิบัติมักกำหนดเกณฑ์ระดับความยากง่ายของข้อสอบที่จะเลือกใช้ในช่วง 0.2 ถึง 0.8

ผลปรากฏว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้ในการวิจัยมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.43-0.63 แสดงว่าเป็นแบบทดสอบที่มีคุณภาพอยู่ในระดับที่ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2 **การหาค่าอำนาจจำแนก**

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2546 : 96) อำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ความสามารถของเครื่องมือในการจำแนกบุคคลออกเป็นสองกลุ่มที่ต่างกัน คือกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน ในเรื่องที่เป็นสมรรถภาพทางสมอง หรือกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ ในเรื่องที่เป็นความรู้สึก เช่น เจตคติ ความสนใจ การหาค่าอำนาจจำแนกใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย ประเภทแบบทดสอบ แบบสอบถาม และแบบวัดเจตคติ มีลักษณะเป็นการวิเคราะห์รายข้อ ค่าอำนาจจำแนกมีค่าอยู่ระหว่าง (-1) ถึง (+1) นิยมแทนด้วย r ซึ่งมีเกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้

ตารางที่ 3.2 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก	คุณภาพข้อสอบ
0.40 ขึ้นไป	ดีมาก
0.30-0.39	ดีพอสมควร
0.20-0.29	พอใช้ได้แต่ควรปรับปรุง
0.19 ลงไป	ไม่ดีต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุงใหม่

ผลปรากฏว่าข้อสอบที่คัดเลือกมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.53 แสดงว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดีพอสมควร

3.3.2.3 **การหาค่าความเชื่อมั่น**

สมนึก ภัททิยธนี (2546 : 226) การหาค่าความเชื่อมั่นเป็นการตรวจหาความสอดคล้องในการจำแนกผู้รอบรู้และผู้ไม่รอบรู้ ซึ่งมีความเชื่อว่า แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นจะสามารถจำแนกผู้สอบว่า ใครเป็นผู้รอบรู้ (สอบผ่าน) ใครเป็นผู้ไม่รอบรู้ (สอบไม่ผ่าน) ได้อย่างคงเดิม และผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งนำไปทดลองกับนักศึกษาจำนวน 30 คน ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88 แสดงว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ซึ่งได้รับการตรวจสอบคุณภาพ ไปดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

1. ขอหนังสือราชการเพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. นำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ไปติดต่อโปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

3. ตรวจสอบความเรียบร้อยของสถานที่ ที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้งเครื่องมือและโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

4. นำบทเรียนต้นแบบไปใช้กับการเรียนการสอนตามปกติ เพื่อเก็บเนื้อหา และบันทึกอริยบทของผู้สอน โดยใช้โปรแกรมพิมพ์ครูร่วมกับโปรแกรม PowerPoint 2000 ซึ่งจะได้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

5. นำบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์จากขั้นตอนที่ 4 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง หลังจากเรียนจบในแต่ละบท ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเพื่อเก็บคะแนน และนำคะแนนไปหาประสิทธิภาพ E_1

6. หลังจากกลุ่มตัวอย่างเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์จบทุกบทเรียน ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อเก็บคะแนน และนำคะแนนไปหาประสิทธิภาพ E_2

7. นำคะแนนที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และขั้นตอนที่ 6 ไปวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมี 2 ประเภท คือ สถิติพื้นฐาน และสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สถิติพื้นฐาน ได้แก่ มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.5.1 **มัชฌิมเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย** (Arithmetic mean หรือ Mean หรือ Average) คือค่าที่ได้จากการหารผลรวมของคะแนนทั้งหมดในชุดข้อมูลด้วยจำนวนคะแนนทั้งหมด (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2543 : 7)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \qquad (3.1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่าง

X แทน คะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง

3.5.2 **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (Standard Deviation : S.D.) เป็นการวัดการกระจายของคะแนนรอบๆ ค่าเฉลี่ย ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากแสดงว่ามีการกระจายมาก ถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยแสดงว่ามีการกระจายน้อย (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2543 : 10)

$$S.D. = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \qquad (3.2)$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในรูปคะแนนดิบ สำหรับข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ($n < 30$)

X แทน คะแนนแต่ละค่าในชุดข้อมูล

n แทน จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่าง ($n < 30$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ดัชนีความสอดคล้อง ความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น และประสิทธิภาพ

3.5.3 **ดัชนีความสอดคล้อง** (IOC : Index of Item Objective Congruence) **ใช้วิธีการ**ตรวจสอบคุณภาพของโรวิเนลลี (Rovinelli) และแฮมเบิลตัน (Hambleton) โดยการพิจารณาว่าข้อสอบแต่ละข้อวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ (สมนึก ภัททิยธนี. 2546 : 220)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \tag{3.3}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

3.5.4 **ความยากง่าย และอำนาจจำแนก** เป็นสถิติที่ใช้สำหรับการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์คุณภาพแบบรายข้อ (สมบัติ ท้ายเรือคำ. 2546 : 95-96)

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n} \tag{3.4}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \tag{3.5}$$

เมื่อ P แทน ดัชนีความยากง่าย

r แทน ดัชนีอำนาจจำแนก

P_H แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนผู้ตอบทั้งหมดของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.5 **ความเชื่อมั่น** เป็นสถิติที่ใช้สำหรับการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์คุณภาพทั้งฉบับ ใช้วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Method) การคำนวณโดยสูตรนี้ต้องทราบความยากง่าย (P) ของข้อสอบแต่ละข้อ หรืออัตราส่วนของจำนวนคนที่ตอบข้อสอบแต่ละข้อถูกและผิดกับจำนวนคนทั้งหมด การคำนวณโดยใช้สูตรนี้ควรมีข้อสอบอย่างน้อย 20 ข้อ และต้องคำนึงข้อตกลงที่ว่า ข้อสอบแต่ละข้อจะต้องมีลักษณะเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity) คือวัดคุณลักษณะเดียวร่วมกัน มีค่าความยากง่ายใกล้เคียงกัน และเป็นประเภทตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน มีสูตรหาความเชื่อมั่น 2 สูตร คือ KR-20 และ KR-21 (สมนึก ภัททิยธนี. 2546 : 223) ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-20

$$KR-20 : r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S^2}\right] \qquad (3.6)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ

p แทน อัตราส่วนของผู้ตอบถูกในข้อนั้น

q แทน อัตราส่วนของผู้ตอบผิดในข้อนั้น

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.6 **การหาประสิทธิภาพ** เป็นการกำหนดเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 คือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520 : 135)

E_1 หรือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดแต่ละบทเรียน หลังจากเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ในแต่ละบท สามารถคำนวณได้จาก

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \qquad (3.7)$$

เมื่อ E_1 แทน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดหลังเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหลังเรียนทุกบทเรียนรวมกัน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหลังเรียนทุกบทเรียนรวมกัน

N แทน จำนวนผู้เรียน

E_2 หรือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากเรียนบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ครบทุกบท สามารถคำนวณได้จาก

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \qquad (3.8)$$

เมื่อ E_2 แทน ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโปรแกรมพิมพ์ครู (Presentational Instruction Media Creator : PIMC) ร่วมกับโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows XP เมื่อสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์เสร็จแล้ว นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการทางสถิติ และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นลำดับดังนี้

4.1 การวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

4.1 การวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำสื่อการสอนเพื่อการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนที่อยู่ในรูปโปรแกรม Microsoft PowerPoint 2000 จำนวน 6 บทเรียน ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 คน ทำการประเมินด้านความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาวิชา ผลการประเมินแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

รายการประเมิน	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล		
	เฉลี่ย	S.D.	ระดับ
<u>เนื้อหาในการนำเสนอ</u>			
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.60	0.55	ดีมาก
2. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.20	0.45	ดี
3. ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาแต่ละส่วน	4.20	0.45	ดี
4. ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละส่วน	4.40	0.55	ดี
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.20	0.45	ดี
6. ความเหมาะสมในการสรุปเนื้อหา	3.60	0.55	ดี
ผลการวิเคราะห์ด้านเนื้อหาในการนำเสนอ	**4.20**	**0.50**	**ดี**
<u>ภาพและภาษา</u>			
7. ความน่าสนใจของภาพประกอบเนื้อหา	4.60	0.55	ดีมาก
8. ความเหมาะสมของภาพที่นำมาใช้	4.60	0.55	ดีมาก
9. ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา	4.20	0.45	ดี
10. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	3.60	0.55	ดี
11. ความเหมาะสมของขนาดภาพประกอบการนำเสนอ	4.40	0.55	ดี
ผลการวิเคราะห์ด้านภาพและภาษา	**4.28**	**0.53**	**ดี**
<u>ตัวอักษรและสี</u>			
12. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.40	0.55	ดี
13. ความเหมาะสมของลักษณะตัวอักษรกับคำบรรยาย	4.40	0.55	ดี
14. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ	3.80	0.45	ดี
15. สีพื้นหลังของคำบรรยาย	3.60	0.55	ดี
ผลการวิเคราะห์ด้านตัวอักษรและสี	**4.05**	**0.52**	**ดี**
ผลการวิเคราะห์รายการประเมิน 15 รายการ	**4.19**	**0.51**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาในการนำเสนอ มีรายการประเมินรวม 6 รายการ ผลการวิเคราะห์รายการประเมินได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.20 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี, ด้านภาพและภาษา มีรายการประเมินรวม 5 รายการ ผลการวิเคราะห์รายการประเมินได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.53 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี, ด้านตัวอักษรและสี มีรายการประเมินรวม 4 รายการ ผลการวิเคราะห์รายการประเมินได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.52 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และผลการประเมินทุกด้าน รวมทั้งหมด 15 รายการ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน โดยทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ 2 ส่วน คือ การทดสอบจากแบบฝึกหัดหลังเรียนแต่ละหน่วยการสอน และการทดสอบจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดหลังเรียนแต่ละหน่วยการสอน คิดเป็นร้อยละ 82.58 คะแนนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 55 คะแนน จากคะแนนเต็ม 60 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.67 มีจำนวน 2 คน และคะแนนต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 66.67 มีจำนวน 1 คน แสดงในตารางที่ 4.2

ส่วนผลคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 81.25 คะแนนสูงสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 38 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 95.00 มีจำนวน 1 คน และคะแนนต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่าง คือ 24 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.00 มีจำนวน 1 คน แสดงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

คนที่	คะแนนจากแบบฝึกหัดหลังเรียนแต่ละหน่วยการสอน (60 คะแนน)		คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (40 คะแนน)	
	คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
1	46	76.67	29	72.50
2	47	78.33	33	82.50
3	52	86.67	31	77.50
4	49	81.67	34	85.00
5	43	71.67	32	80.00
6	53	88.33	33	82.50
7	49	81.67	33	82.50
8	55	91.67	38	95.00
9	47	78.33	31	77.50
10	49	81.67	32	80.00
11	47	78.33	33	82.50
12	51	85.00	32	80.00
13	51	85.00	32	80.00
14	49	81.67	34	85.00
15	54	90.00	35	87.50
16	50	83.33	27	67.50
17	40	66.67	24	60.00
18	51	85.00	35	87.50
19	53	88.33	36	90.00
20	55	91.67	36	90.00
ร้อยละ	-	82.58 (E_1)	-	81.25 (E_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน ในตารางที่ 4.2 ปรากฏว่าคะแนนจากแบบฝึกหัดหลังเรียนแต่ละหน่วยการสอนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าร้อยละ 82.58 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80.00 แสดงว่าคะแนนจากแบบฝึกหัดหลังเรียนแต่ละหน่วยการสอนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าร้อยละ 81.25 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80.00 แสดงว่าคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากนั้นนำไปทดลองกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติ และเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5.1.5 วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

5.1.2 สมมุติฐานของการวิจัย

บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอนและทบทวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80 (E_1/E_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 **ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 49 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีจับฉลากจากนักศึกษาที่เรียนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

5.1.4 **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

1. บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

5.1.5 **วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้นำบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) ชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 20 คน โดยหลังจากเรียนจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการสอน ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อวัดผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการสอน หลังจากเรียนจบทุกหน่วยการสอน ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

5.1.6 **การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์ข้อมูลจากการหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ซึ่งวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1.7 **สรุปผลการวิจัย**

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่ค่าร้อยละ 82.58/81.25 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย ที่กำหนดไว้ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผล

ผลการหาคุณภาพสื่อการสอนที่ใช้ในการวิจัย จากแบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 5 คน ผลการประเมิน 15 รายการ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่าสื่อการสอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนเพื่อสร้างเป็นบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ผลการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยพัฒนาและสร้างขึ้น เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย โดยค่าประสิทธิภาพตัวแรกได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนในแต่ละหน่วยการสอน มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 82.58 และค่าประสิทธิภาพตัวหลังได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าคะแนนคิดเป็นร้อยละ 81.25 เป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพสื่อการสอน จัดอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ เป็นสื่อการสอนที่ได้ผ่านการพัฒนาและมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปสอนผู้เรียนได้ตามประเภท และระดับการศึกษา

จากผลการวิจัยค่าประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ และมีข้อสังเกตที่ควรพิจารณา ดังต่อไปนี้

ผลจากแบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 5 คน ประเมินรวมทั้งหมด 15 รายการ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่าสื่อการสอนที่ใช้สำหรับสร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำสื่อการสอนไปสร้างเป็นบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากการหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ได้ค่าประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 82.58/81.25 เป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอนของประพจน์ จิระสกุลพร (2545 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พุทธศักราช 2537 ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 85.90/80.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ และสอดคล้องกับผลการวิจัย วิจารณ์ สงกรานต์ (2547 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาพร้อมทั้งหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก ที่พัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.80/81.77 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย จึงสรุปได้ว่าสื่อการสอนในรูปแบบต่างๆ ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนการสอน และสมควรสนับสนุนให้มีการวิจัย เพื่อสร้างและพัฒนาสื่อการสอนในรูปแบบต่างๆ ในรายวิชาอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนให้สูงยิ่งขึ้นต่อไป

ผลของแบบฝึกหัดหลังบทเรียน การทดสอบผู้เรียนด้วยแบบฝึกหัดหลังบทเรียนหลังจากจบบทเรียนทุกหน่วยการสอน เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความตั้งใจในการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาวิชา และเนื่องด้วยแบบฝึกหัดหลังบทเรียนได้สร้างขึ้นโดยมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ ทำให้การเรียนรู้ของผู้เรียนมีความรู้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของหน่วยการสอน แบบฝึกหัดหลังบทเรียนมีส่วนช่วยให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ และกลับไปทบทวนในเนื้อหาที่ยังไม่เข้าใจได้ และช่วยป้องกันการเลือนหายทางความจำ แบบฝึกหัดจึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาและหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อพัฒนาบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 2 ด้าน คือ ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้ และข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยในครั้งนี้

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยพบว่าบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีส่วนที่ควรปรับปรุง เพื่อให้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์มีความสมบูรณ์ และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. จากแบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 5 คน ผลการประเมินทุกด้าน รวมทั้งหมด 15 รายการ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.51 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี เมื่อวิเคราะห์ผลการประเมินโดยละเอียดพบว่า มีรายการประเมินในระดับดีมาก 3 รายการ มีรายการประเมินในระดับดี 12 รายการ จะเห็นได้ว่าถ้ามีการพัฒนาในรายการประเมินที่อยู่ในระดับดีให้ดีขึ้น จะทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยโดยรวมสูงขึ้น และเมื่อใช้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ไปช่วงเวลาหนึ่ง ควรมีการปรับปรุงเนื้อหาวิชาให้มีความทันสมัยตามเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์มีความทันสมัยอยู่เสมอ

2. ผลจากการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าคะแนนสูงกว่าเกณฑ์กำหนดเพียงเล็กน้อย คือ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.25 จากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 80.00 และเมื่อพิจารณาผลของคะแนนแบบฝึกหัดหลังบทเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 82.58 เมื่อพิจารณาผลของคะแนนแบบฝึกหัดหลังบทเรียนเป็นรายหน่วยมีค่าร้อยละสูงสุดที่ 85.00 และมีค่าร้อยละต่ำสุดที่ 79.00 โดยมีหน่วยการสอนที่มีประสิทธิภาพของบทเรียนต่ำกว่าประสิทธิภาพของค่าร้อยละโดยรวมมีจำนวน 2 หน่วยการสอน ซึ่งเป็นผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์มีค่าต่ำลง จึงควรมีการปรับปรุงส่วนของเนื้อหา และกิจกรรมระหว่างเรียนในหน่วยการสอนที่มีค่าร้อยละต่ำกว่าประสิทธิภาพโดยรวม เพื่อพัฒนาบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 **ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป**

1. ควรมีการพัฒนาสื่อที่นำไปใช้สร้างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ให้สามารถนำเสนอภาพเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ ประกอบเสียงบรรยาย และพัฒนาเป็นสื่อที่สามารถตอบสนองผู้เรียนได้ (Interactive) เพื่อให้สื่อการสอนสามารถใช้ในการเรียนรู้ได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากขึ้น แต่การสร้างสื่อการสอนในลักษณะนี้จะต้องใช้เวลาในการสร้างเป็นเวลามาก และต้องใช้ผู้มีความรู้เฉพาะในด้านโปรแกรมทางด้านการสร้างภาพ 3 มิติ จึงควรมีการวิเคราะห์หน่วยการสอนที่มีเนื้อหาที่เหมาะสม เพื่อเลือกสร้างเฉพาะในบางหน่วยการสอน ซึ่งจะเป็นสื่อที่ช่วยเพิ่มความสนใจให้ผู้เรียนได้มากยิ่งขึ้น และส่งผลให้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

2. ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบผลของการเรียนรู้ ที่ได้จากการเรียนจากบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์กับวิธีการเรียนแบบอื่นๆ เพื่อเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของวิธีการเรียนการสอนแบบต่างๆ และเพื่อวิเคราะห์หาวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่สุด

3. ควรมีการวิจัยเรื่องการนำความรู้วิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 ไปใช้ในการประกอบอาชีพของนักศึกษาหลังจากสำเร็จการศึกษาแล้ว เพื่อให้ทราบถึงผลของการนำความรู้วิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 ไปใช้งาน และทราบว่าความรู้ที่นักศึกษาได้รับเพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้หรือนำไปประกอบอาชีพหรือไม่ และความรู้ในส่วนใดยังไม่สมบูรณ์ เพื่อนำมาปรับปรุงบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ ให้มีบูรณาการมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มลิทอง. 2543. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด อรุณการพิมพ์.

ขนิษฐา วิเศษสาธร. 2540. **จิตวิทยาทั่วไป**. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2520. **ระบบสื่อการสอน**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. 2545. ***ศาสตร์การสอน***. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. 2545. **การวิจัยเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ประพจน์ จิระสกุลพร. 2545. "การพัฒนาชุดการสอนวิชาการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พุทธศักราช 2537." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2543. **"เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย เรื่อง การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง การวัดการกระจาย."** กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.

ยงยุทธ สุทธิชาติ. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไดโอด." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิจารณ์ สงกรานต์. 2547. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโครงสร้างข้อมูลแบบอะเรย์ เรคคอร์ด และสแตก." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีระพจน์ ปรีพูล. 2543. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องทรานซิสเตอร์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมนึก ภัททิยธนี. 2546. **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. 2546. **"เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยการศึกษาเบื้องต้น เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย."** มหาสารคาม : ภาควิชาวิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. เอกสารอัดสำเนา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรสิทธิ์ ราตรี. 2547. "**คู่มือการติดตั้งระบบ** e-Lecture System." กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. เอกสารอัดสำเนา.

สุวิทย์ ยิบมันตะสิริ. 2546. "การพัฒนาระบบการสอนแบบห้องเรียนเสมือนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนันตพัฒน์ อนันตชัย. 2546. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมก่อนปฏิบัติการวิชาปฏิบัติอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร 1 เรื่อง ลักษณะสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรไท ก้อนมณี. 2548. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการถอดประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ วิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเบื้องต้น หลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น พุทธศักราช 2540." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Best, John W. 1977. Research in Education. New Delhi : Prentice-Hall.

Kemp, Jerrold E. 1985. The Instructional Design Process. New York : Harper & Row Publishers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ภาคผนวก ง ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000

ภาคผนวก จ ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ รหัสประจำตัว 43064611 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (ELECTRONICS LECTURE ON SEMICONDUCTOR DEVICE)" โดยมี ผศ.ดร.สุรสิทธิ์ ราตรี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2547

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2547

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1576

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

11 เมษายน 2548

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน คณบดี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดสอบ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ" และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 17 ธันวาคม 2547 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ ทดลองใช้บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร.02- 326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร. 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 1526 **วันที่** 8 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงค์ มะโน

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอน ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ และแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีและขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/1526

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

8 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สมบูรณ์ เนียมกล่ำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/1526

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบั
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

8 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์วันชัย ซันประสิทธิ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/1526

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

8 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปัญญา ทองนิล

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1526

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

8 เมษายน 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนกฤต ทองคล้ำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ เพื่อการวิจัย
2. แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหา เพื่อการวิจัย

ด้วย นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบทดสอบและประเมินสื่อการสอนดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02-326-4325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
- ตัวอย่างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย
สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

<u>คำชี้แจง</u>

แบบประเมินนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อหาคุณภาพสื่อการสอนประกอบบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในการศึกษารายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

<u>การประเมิน</u>

กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนเพียงช่องเดียว โดยระดับคะแนนจะแสดงความหมายดังนี้

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

กรุณาเขียนแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ โดยลำดับหัวข้อตามระดับความสำคัญเพื่อเป็นประโยชน์ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความคิดเห็นเกี่ยวกับสื่อการสอนเพื่อการวิจัย ใช้ในการประเมินด้านความเหมาะสม และความถูกต้องของเนื้อหาวิชา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
เนื้อหาในการนำเสนอ					
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2. ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
3. ความถูกต้องในการลำดับเนื้อหาแต่ละส่วน					
4. ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละส่วน					
5. ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
6. ความเหมาะสมในการสรุปเนื้อหา					
ภาพและภาษา					
7. ความน่าสนใจของภาพประกอบเนื้อหา					
8. ความเหมาะสมของภาพที่นำมาใช้					
9. ความสอดคล้องระหว่างภาพกับเนื้อหา					
10. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้					
11. ความเหมาะสมของขนาดภาพประกอบการนำเสนอ					
ตัวอักษรและสี					
12. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
13. ความเหมาะสมของลักษณะตัวอักษรกับคำบรรยาย					
14. ความเหมาะสมของสีตัวอักษรที่ใช้ในการนำเสนอ					
15. สีพื้นหลังของคำบรรยาย					

ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ (โปรดระบุ)

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้ เป็นแบบประเมินเพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ใช้ประกอบบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ในการศึกษารายวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 1 รหัสวิชา 5581104 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

การประเมิน

กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง “ระดับความสอดคล้อง” ในแบบประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตามที่ท่านพิจารณาแล้วมีความคิดเห็นว่าแบบทดสอบแต่ละข้อมีโจทย์ หรือคำถาม และคำเฉลย สามารถวัดความรู้ความเข้าใจได้ถูกต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาดังนี้

+1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 ท่านไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 ท่านคิดว่าแบบทดสอบข้อนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

หมายเหตุ

หากท่านทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง –1 ขอความกรุณาท่านช่วยให้ข้อเสนอแนะท้ายข้อ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต่อไป

ตรวจและประเมินเรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยการสอนที่ 3 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอมได้
2. สามารถอธิบายหลักการเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮลได้
3. สามารถอธิบายหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำได้
4. สามารถอธิบายหลักการของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ได้

สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอมได้ (ข้อ 1-6)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. สสารทุกชนิด ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. มีชนิดของอะตอมเหมือนกัน ข. มีจำนวนอะตอมเท่ากัน ค. มีอะตอมเพียงชนิดเดียว ง. มีอะตอมต่างชนิดกัน			
ข้อเสนอแนะ.....			
2. อะตอมของสสารประกอบไปด้วยข้อใดจึงจะถูกต้อง ก. มี 1 นิวเคลียส, 1 อิเล็กตรอน ข. มี 1 นิวเคลียส, มีอิเล็กตรอนมากกว่า 1 ค. มีโปรตอน, มีนิวตรอน, มีอิเล็กตรอน ง. ถูกทั้งข้อ ข. และข้อ ค.			
ข้อเสนอแนะ.....			
3. นิวเคลียสมีส่วนประกอบมาจากข้อใด ก. โปรตอน+นิวตรอน ข. อิเล็กตรอน ค. อิเล็กตรอน+โปรตอน ง. อิเล็กตรอน+นิวตรอน			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอมได้ (ข้อ 1-6)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
4. หมายเลขอะตอมของซิลิคอน คือข้อใด ก. 8 ข. 2 ค. 4 ง. 14			
ข้อเสนอแนะ.....			
5. หมายเลขอะตอมของเจอร์เมเนียม คือข้อใด ก. 8 ข. 2 ค. 4 ง. 32			
ข้อเสนอแนะ.....			
6. ข้อใดคือ Valence Shell ของซิลิคอนอะตอม ก. A ข. K ค. L ง. M			
ข้อเสนอแนะ.....			
สามารถอธิบายหลักการเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮลได้ (ข้อ 7-10)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
7. ข้อใดกล่าวถึงวาเลนซ์อิเล็กตรอนได้ถูกต้อง ก. อิเล็กตรอนชั้นในสุดติดกับนิวเคลียส ข. อิเล็กตรอนชั้นนอกสุดห่างจากนิวเคลียส ค. โคจรรอบๆ นิวเคลียสหลายวงโคจร ง. ไม่เกี่ยวข้องกับอะตอม			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายหลักการเคลื่อนที่ของประจุบวก - โฮลได้ (ข้อ 7-10)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
8. ไอออนบวกเกิดขึ้นเมื่อใด ก. อิเล็กตรอนในวงวาเลนซ์หลุดจากอะตอม ข. มีโฮลมากกว่าอิเล็กตรอนในวงนอกสุด ค. มีอะตอม 2 ตัวเกาะเกี่ยวกัน ง. อะตอมชนกับอิเล็กตรอนในวงวาเลนซ์อย่างแรง			
ข้อเสนอแนะ.....			
9. แถบพลังงานชั้นใดที่มีอิเล็กตรอนอิสระ ก. แถบที่ 1 ข. แถบที่ 2 ค. แถบตัวนำ ง. แถบวาเลนซ์			
ข้อเสนอแนะ.....			
10. ข้อใดที่ทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอน-โฮล (Electron-hole pairs) ก. Recombination ข. Thermal Energy ค. Tonigation ง. Doping			
ข้อเสนอแนะ.....			
สามารถอธิบายหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าในสารถึงตัวนำได้ (ข้อ 11-13)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
11. ปฏิกิริยาการรวมตัวกันใหม่ (Recombination) เกิดขึ้นเมื่อใด ก. อิเล็กตรอนตกเข้าไปในโฮล ข. เกิดไอออนบวกและไอออนลบพร้อมกัน ค. วาเลนซ์อิเล็กตรอนกลายเป็นกระแสไฟฟ้า ง. เมื่อเกิดผลึก			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำได้ (ข้อ 11-13)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
12. การเกิดผลึกสารกึ่งตัวนำ เกิดเมื่ออะตอมยึดเหนี่ยวกันโดยใช้ข้อใด ก. ปฏิกิริยาภายในของวาเลนซ์อิเล็กตรอน ข. แรงที่กระทำกับอะตอม ค. โควาเลนซ์บอนด์ ง. เกิดจากทุกข้อ			
ข้อเสนอแนะ.....			
13. กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดจากผลของข้อใด ก. อิเล็กตรอน ข. โฮล ค. ไอออนลบ ง. โฮลและอิเล็กตรอน			
ข้อเสนอแนะ.....			
สามารถอธิบายหลักการของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ได้ (ข้อ 14-15)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
14. สารกึ่งตัวนำชนิดใดที่นิยมนำไปใช้สร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ก. เจอร์เมเนียม ข. คาร์บอน ค. ทองแดง ง. ซิลิคอน			
ข้อเสนอแนะ.....			
15. สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ คือข้อใด ก. ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระ ข. จะมีอิเล็กตรอนอิสระเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค. มีเฉพาะโฮลเท่านั้น ง. มีอิเล็กตรอนและโฮลจำนวนมาก			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายหลักการของสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ได้ (ข้อ 14-16)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
16. ความแตกต่างระหว่าง “ฉนวน” และ “สารกึ่งตัวนำ” คือข้อใด ก. มีช่องว่างพลังงานมากระหว่างแถบวาเลนซ์และแถบตัวนำ ข. มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่จำนวนหนึ่ง ค. มีความแตกต่างโครงสร้างของอะตอม ง. ไม่มีข้อถูกต้อง			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยการสอนที่ 4 สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. สามารถอธิบายสภาวะการทำงานของสารกึ่งตัวนำชนิด p และชนิด n ได้
2. สามารถอธิบายหลักการไบอัสรอยต่อ pn ได้

สามารถอธิบายสภาวะการทำงานของสารกึ่งตัวนำชนิด p และชนิด n ได้ (ข้อ 1-5)	ระดับความสอดคล้อง		
	+1	0	-1
1. กระบวนการเติมสารเจือปนลงไปในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ เรียกว่าอะไร ก. การโดป ข. Recombination ค. การโมดิฟายอะตอม ง. Ionization			
ข้อเสนอแนะ.....			
2. สารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว เมื่อเติมไปในซิลิคอนบริสุทธิ์ จะทำให้เกิดสารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ คือข้อใด ก. เจอร์เมเนียม ข. สารกึ่งตัวนำชนิด p ค. สารกึ่งตัวนำชนิด n ง. ฮีเลียม			
ข้อเสนอแนะ.....			
3. ข้อใดคือจุดประสงค์ของการเติมสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว ก. ลดสภาพความเป็นตัวนำของซิลิคอน ข. เพิ่มจำนวนโฮลในสารกึ่งตัวนำ ค. เพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ ง. สร้างประจุพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำ			
ข้อเสนอแนะ.....			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยคำตอบ

ข้อ	หน่วยที่ 3	หน่วยที่ 4	หน่วยที่ 5	หน่วยที่ 6	หน่วยที่ 7	หน่วยที่ 8
1	ค	ก	ข	ก	ง	ข
2	ง	ข	ค	ข	ค	ค
3	ก	ง	ง	ค	ก	ง
4	ง	ค	ก	ข	ง	ง
5	ง	ก	ค	ง	ก	ค
6	ง	ค	ง	ข	ข	ง
7	ข	ง	ก	ง	ข	ก
8	ก	ง	ข	ค	ข	ง
9	ง	ค	ก	ค	ข	ก
10	ข	ง	ง	ข	ง	ข
11	ก	ข	ข	ก	ข	ก
12	ง	ข	ค	ข	ข	ค
13	ง		ก		ข	ง
14	ง		ค		ก	
15	ง		ค			
16	ง		ก			
17			ง			
18			ค			
19			ข			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

คำชี้แจง

นักศึกษาพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อ แล้วเขียนเครื่องหมายวงกลม (O) ลงในข้อที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

---

1. สสารทุกชนิด ข้อใดกล่าวถูกต้อง
   - ก. มีชนิดของอะตอมเหมือนกัน
   - ข. มีจำนวนอะตอมเท่ากัน
   - ค. มีอะตอมเพียงชนิดเดียว
   - ง. มีอะตอมต่างชนิดกัน
2. อะตอมของสสารประกอบไปด้วยข้อใดจึงจะถูกต้อง
   - ก. มี 1 นิวเคลียส, 1 อิเล็กตรอน
   - ข. มี 1 นิวเคลียส, มีอิเล็กตรอนมากกว่า 1
   - ค. มีโปรตอน, มีนิวตรอน, มีอิเล็กตรอน
   - ง. ถูกทั้งข้อ ข. และข้อ ค.
3. ข้อใดคือ Valence Shell ของซิลิคอนอะตอม
   - ก. M
   - ข. K
   - ค. L
   - ง. A
4. ข้อใดที่ทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอน-โฮล (Electron-hole pairs)
   - ก. Recombination
   - ข. Thermal Energy
   - ค. Tonigation
   - ง. Doping
5. การเกิดผลึกสารกึ่งตัวนำ เกิดเมื่ออะตอมยึดเหนี่ยวกันโดยใช้ข้อใด
   - ก. ปฏิกิริยาภายในของวาเลนซ์อิเล็กตรอน
   - ข. แรงที่กระทำกับอะตอม
   - ค. โควาเลนซ์บอนด์
   - ง. เกิดจากทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สารกึ่งตัวนำชนิดใดที่นิยมนำไปใช้สร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ก. เจอร์เมเนียม

ข. คาร์บอน

ค. ซิลิคอน

ง. ทองแดง

7. กระบวนการเติมสารเจือปนลงไปในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ เรียกว่าอะไร

ก. การโดป

ข. Recombination

ค. การโมดิฟายอะตอม

ง. Ionization

8. สารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัว เมื่อเติมไปในซิลิคอนบริสุทธิ์ จะทำให้เกิดสารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ คือข้อใด

ก. เจอร์เมเนียม

ข. สารกึ่งตัวนำชนิด p

ค. สารกึ่งตัวนำชนิด n

ง. ฮีเลียม

9. ข้อใดคือจุดประสงค์ของการเติมสารเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัว

ก. สร้างประจุพาหะข้างน้อยในสารกึ่งตัวนำ

ข. เพิ่มจำนวนโฮลในสารกึ่งตัวนำ

ค. เพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ

ง. ลดสภาพความเป็นตัวนำของซิลิคอน

10. รอยต่อ pn เกิดจากข้อใด

ก. การรวมตัวกันใหม่ของอิเล็กตรอนและโฮล

ข. การเกิดไอออน

ค. เกิดจากขอบของรอยต่อ pn

ง. การโคจรของโปรตอนและนิวตรอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. บริเวณปลอดพาหะ ประกอบไปด้วยข้อใด

ก. มีเฉพาะพาหะข้างน้อย

ข. มีไอออน

ค. ไม่มีพาหะข้างมาก

ง. ถูกทั้งข้อ ข. และข้อ ค.

12. เมื่อสารกึ่งตัวนำ pn ได้รับการไบอัสตรง จะเกิดเหตุการณ์ตรงกับข้อใด

ก. เกิดกระแสโฮลไหล

ข. เกิดกระแสอิเล็กตรอนไหล

ค. เกิดกระแสจากพาหะข้างมากไหล

ง. เกิดกระแสของโฮลและอิเล็กตรอนไหล

13. เมื่อไอโอดได้รับไบอัสตรง จะเกิดผลดังข้อใด

ก. กระแสไม่ไหล

ข. กระแสไหลผ่านไดโอด

ค. เกิดค่าความต้านทานสูง

ง. เกิดแรงดันตกคร่อมไดโอดจำนวนมาก

14. คลื่นไซน์มีความถี่ 50 H_z ป้อนเข้าวงจรเรียงสัญญาณครึ่งคลื่น คลื่นขาออกของวงจรมีความถี่เท่าไร

ก. 100 H_z

ข. 25 H_z

ค. 50 H_z

ง. 0 H_z

15. คลื่นไซน์มีความถี่ 50 H_z ป้อนเข้าวงจรเรียงสัญญาณเต็มคลื่น คลื่นขาออกของวงจรมีความถี่เท่าไร

ก. 100 H_z

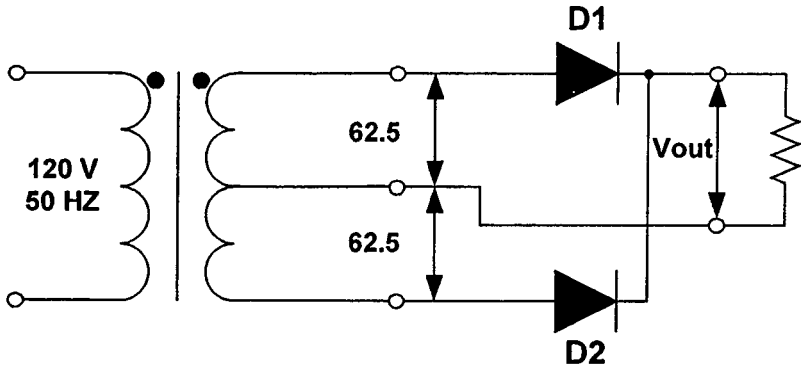
ข. 50 H_z

ค. 200 H_z

ง. 25 H_z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. จากวงจร จงหาค่าแรงดันขาออก $V_{out(rms)}$ เมื่อให้ V_F ของไดโอด = 0



ก. 125 V

ข. 176.75 V

ค. 62.5 V

ง. 100 V

17. เมื่อค่าแรงดัน rms ขาออกของวงจรเรียงสัญญาณเต็มคลื่นแบบบริดจ์เท่ากับ 20 V ค่า PIV ของไดโอดต้องมีค่าเท่าใด (เมื่อไม่คิดค่า V_F ของไดโอด)

ก. 20 V

ข. 40 V

ค. 28.28 V

ง. 56.56 V

18. ถ้าโหลดที่ต่ออยู่ขาออกของวงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุมีค่าลดลง แรงดันพลิ้วจะเป็นอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. ไม่มีผลใดๆ

ง. ความถี่จะเปลี่ยนไป

19. ขั้วแรงดันบวกของโอห์มมิเตอร์ต่อกับขา A และขั้วแรงดันลบของโอห์มมิเตอร์ต่อกับขา K ของไดโอด มิเตอร์แสดงค่าความต้านทานสูงมาก แสดงว่า

ก. ไดโอดลัดวงจร

ข. ไดโอดขาด

ค. ไดโอดเสีย

ง. ไดโอดดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. ในวงจรรีกูเลเตอร์ด้วยซีเนอร์ไดโอด เมื่อทำงานตามปกติ แรงดันที่ขา Cathode ของไดโอดจะเป็นอย่างไร

ก. เป็นบวกมากกว่าขา A

ข. เป็นลบมากกว่าขา A

ค. มีค่า 0.7 V

ง. มีศักดาเท่ากับจุดดิน

21. ซีเนอร์ไดโอดจะทำงานได้ในสภาวะใด

ก. Regulated Breakdown

ข. Zener Breakdown

ค. Forward Breakdown

ง. Avalanche Breakdown

22. การรีกูเลชั่นในสายหาได้จากข้อใด

ก. กระแสโหลด

ข. กระแสซีเนอร์และกระแสโหลด

ค. ค่าความต้านทานโหลดและแรงดันตกคร่อมโหลด

ง. การเปลี่ยนแปลงระหว่างแรงดันขาเข้าและแรงดันขาออก

23. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับไดโอดเปล่งแสง

ก. ให้แสงจากอีมิตเตอร์เมื่อได้รับไบอัสกลับ

ข. ให้แสงเมื่อได้รับไบอัสกลับ

ค. ให้แสงจากอีมิตเตอร์เมื่อได้รับไบอัสตรง

ง. ให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามแสง

24. จงเปรียบเทียบคุณสมบัติของ LED ที่เปล่งแสงสีต่างๆ กับ LED ชนิด Infraled

ก. ให้แสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่า

ข. ให้แสงทุกๆ ความยาวคลื่น

ค. ให้แสงสีเดียวเท่านั้น

ง. ให้แสงที่มีความยาวคลื่นยาวกว่า

25. ค่าความต้านทานภายในของโฟโต้ไดโอดตรงกับข้อใด

ก. เพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงเมื่อได้รับไบอัสกลับ

ข. ลดลงตามความเข้มของแสงเมื่อได้รับไบอัสกลับ

ค. เพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงเมื่อได้รับไบอัสตรง

ง. ลดลงตามความเข้มของแสงเมื่อได้รับไบอัสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. อุปกรณ์ในข้อใดที่มีคุณสมบัติความต้านทานเป็นลบ

ก. Schottky Diode

ข. Tunnel Diode

ค. Laser Diode

ง. Photo Diode

27. ขั้วทั้งสามของทรานซิสเตอร์ชนิดสองรอยต่อ คือข้อใด

ก. p, n, p

ข. n, p, n

ค. Input, Output, Ground

ง. Base, Emitter, Collector

28. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกระแส Emitter

ก. มากกว่ากระแส Base

ข. น้อยกว่ากระแส Collector

ค. มากกว่ากระแส Collector

ง. ข้อ ก. และ ข้อ ค. ถูกต้อง

29. ค่า β_{DC} ของทรานซิสเตอร์ คือ

ก. อัตราขยายกระแส

ข. อัตราขยายแรงดัน

ค. อัตราขยายกำลัง

ง. ค่าความต้านทานภายใน

30. ถ้ากระแส I_C มากกว่า I_B 50 เท่า β_{DC} คือข้อใด

ก. 10

ข. 50

ค. 100

ง. 500

31. เมื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในสภาวะคัตออฟและอิ่มตัว แสดงว่าใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นข้อใด

ก. Linear Amplifier

ข. Switch

ค. Variable Capacitor

ง. Variable Resistor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

32. ในย่านการทำงานแบบคัตออฟของทรานซิสเตอร์ ค่า V_{CE} คือข้อใด

ก. 0 V

ข. ต่ำสุด

ค. สูงสุด

ง. เท่ากับ V_{CC}

33. ในย่านการทำงานแบบอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ ค่า V_{CE} คือข้อใด

ก. 0 V

ข. ต่ำสุด

ค. สูงสุด

ง. เท่ากับ V_{CC}

34. ค่ากระแส I_C สูงสุดในการไบอัสทรานซิสเตอร์ คือข้อใด

ก. $\beta_{DC}I_B$

ข. $I_{C(SAT)}$

ค. มากกว่า I_E

ง. $I_E - I_B$

35. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับเส้นโหลดไฟตรง

ก. ผ่านจุด Q และจุดคัตออฟ

ข. ผ่านจุด Q และจุดอิ่มตัว

ค. ผ่านจุด $V_{CE(Cutoff)}$ และจุด $I_{C(SAT)}$

ง. จุดที่ $I_B = 0$ และ $I_B = I_C/\beta_C$

36. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับวงจรไบอัสอีมิตเตอร์

ก. ทุกอย่างไม่ขึ้นอยู่กับค่า β_{DC}

ข. ทุกอย่างขึ้นอยู่กับค่า β_{DC}

ค. จุดไบอัสคงที่

ง. ข้อ ก. และข้อ ค. ถูกต้อง

37. วงจรไบอัสอีมิตเตอร์ มี $R_E = 2.7\ K\Omega$, $V_{EE} = 15$ V กระแส I_E เท่ากับข้อใด

ก. 5.3 ṁA

ข. 2.7 mA

ค. 1.4 mA

ง. ไม่สามารถหาค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

38. ค่าความต้านทานขาเข้าที่เบสของทรานซิสเตอร์ขึ้นอยู่กับข้อใด

ก. β_{DC}

ข. R_B

ค. R_E

ง. β_{DC} และ R_E

39. วงจรไบอัสแบ่งแรงดันใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN มีค่า V_B = 2.95 V ค่า V_E จะมีค่าประมาณเท่ากับข้อใด

ก. 2.25 V

ข. 2.95 V

ค. 3.65 V

ง. 0.7 V

40. วงจรไบอัสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN แบบวงจรแบ่งแรงดัน ถ้าตัวต้านทานที่ต่อระหว่างเบสกับแหล่งจ่าย (V_{CC}) ขาด จะเป็นดังข้อใด

ก. ทรานซิสเตอร์จะคัตออฟ

ข. ทรานซิสเตอร์จะอิ่มตัว

ค. ทรานซิสเตอร์จะไหม้

ง. V_{CC} จะสูงมากกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลยคำตอบ

1	ค	21	ข
2	ง	22	ง
3	ก	23	ค
4	ข	24	ค
5	ง	25	ข
6	ค	26	ข
7	ก	27	ง
8	ข	28	ง
9	ก	29	ก
10	ค	30	ข
11	ง	31	ข
12	ง	32	ง
13	ข	33	ข
14	ค	34	ข
15	ก	35	ค
16	ค	36	ง
17	ค	37	ก
18	ก	38	ง
19	ค	39	ก
20	ก	40	ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

- ผลการประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
- ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ตารางที่ 6.1 ผลการประเมินสื่อการสอนเพื่อการวิจัย สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลการวิเคราะห์ข้อมูล			ระดับคุณภาพ
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	รวม	เฉลี่ย	S.D.	
1	4	5	4	5	5	23	4.60	0.55	ดีมาก
2	4	4	5	4	4	21	4.20	0.45	ดี
3	4	5	4	4	4	21	4.20	0.45	ดี
4	4	5	5	4	4	22	4.40	0.55	ดี
5	4	5	4	4	4	21	4.20	0.45	ดี
6	4	4	3	3	4	18	3.60	0.55	ดี
7	4	5	4	5	5	23	4.60	0.55	ดีมาก
8	4	5	5	5	4	23	4.60	0.55	ดีมาก
9	4	5	4	4	4	21	4.20	0.45	ดี
10	3	4	3	4	4	18	3.60	0.55	ดี
11	5	4	4	5	4	22	4.40	0.55	ดี
12	5	4	4	5	4	22	4.40	0.55	ดี
13	5	5	4	4	4	22	4.40	0.55	ดี
14	4	4	3	4	4	19	3.80	0.45	ดี
15	4	4	3	3	4	18	3.60	0.55	ดี
รวม	62	68	59	63	62	314	4.19	0.51	**ดี**
รวม 1-6	24	28	25	24	25	126	4.20	0.50	**ดี**
รวม 7-11	20	23	20	23	21	107	4.28	0.53	**ดี**
รวม 12-15	18	17	14	16	16	81	4.05	0.52	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ผลการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยในแต่ละด้าน

X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_4^2	X_5^2	$\sum X^2$	$n\sum X^2$	$(\sum X)^2$	$S.D.^2$	S.D.	เฉลี่ย
16	25	16	25	25	107	535	529	0.30	0.55	
16	16	25	16	16	89	445	441	0.20	0.45	
16	25	16	16	16	89	445	441	0.20	0.45	
16	25	25	16	16	98	490	484	0.30	0.55	
16	25	16	16	16	89	445	441	0.20	0.45	
16	16	9	9	16	66	330	324	0.30	0.55	0.50
16	25	16	25	25	107	535	529	0.30	0.55	
16	25	25	25	16	107	535	529	0.30	0.55	
16	25	16	16	16	89	445	441	0.20	0.45	
9	16	9	16	16	66	330	324	0.30	0.55	
25	16	16	25	16	98	490	484	0.30	0.55	0.53
25	16	16	25	16	98	490	484	0.30	0.55	
25	25	16	16	16	98	490	484	0.30	0.55	
16	16	9	16	16	73	365	361	0.20	0.45	
16	16	9	9	16	66	330	324	0.30	0.55	0.52

หมายเหตุ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย = 0.50 (ด้านเนื้อหาในการนำเสนอ)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย = 0.53 (ด้านภาพและภาษา)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย = 0.52 (ด้านตัวอักษรและสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ตารางที่ 6.3 ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

หน่วยที่	ข้อที่ Tryout	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลการวิเคราะห์		ความหมาย
			1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
3	1	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	2	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	3	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	4	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	5	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	4	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	5	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	9	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	6	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	11	+1	+1	-1	0	+1	2	0.40	ไม่สอดคล้อง
	7	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	8	13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	9	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	10	15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	16	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
4	11	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	12	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	13	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	14	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	15	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	16	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	17	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	18	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

หน่วยที่	ข้อที่ Tryout	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลการวิเคราะห์		ความหมาย
			1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
	19	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	20	11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	12	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
5	21	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	2	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	4	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	22	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	23	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	7	+1	+1	0	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	8	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	24	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	25	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	11	+1	+1	0	0	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	26	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	27	13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	14	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	15	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	28	16	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	29	17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	30	18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	19	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
6	31	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	32	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	33	3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	34	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	35	5	+1	0	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	6	+1	0	0	+1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	7	+1	0	+1	0	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

หน่วยที่	ข้อที่ Tryout	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลการวิเคราะห์		ความหมาย
			1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
	36	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	37	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	38	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	39	11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	40	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
7	41	1	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	42	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	3	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	43	4	0	+1	+1	+1	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	44	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	45	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	46	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	8	+1	+1	0	+1	0	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	47	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	48	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	49	11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	12	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	13	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้
	50	14	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
8	51	1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	52	2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	3	+1	+1	+1	-1	+1	3	0.60	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	53	5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	54	6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	55	7	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	56	8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	57	9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	58	10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

หน่วยที่	ข้อที่ Tryout	ข้อที่	ผู้ทรงคุณวุฒิ					ผลการวิเคราะห์		ความหมาย
			1	2	3	4	5	รวม	เฉลี่ย	
	59	11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	60	12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง/ใช้ได้
	-	13	+1	+1	+1	+1	0	4	0.80	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 6.4 ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ N=30

ข้อที่	P_H	P_L	P	r	p	q	pq	ใช้จริง
1	12	7	0.63	0.33	0.63	0.37	0.23	1
2	12	6	0.60	0.40	0.60	0.40	0.24	2
3	11	7	0.60	0.27	0.60	0.40	0.24	-
4	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	3
5	7	9	0.53	-0.13	0.53	0.47	0.25	-
6	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	4
7	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	5
8	12	7	0.63	0.33	0.63	0.37	0.23	-
9	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	6
10	10	6	0.53	0.27	0.53	0.47	0.25	-
11	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	7
12	13	6	0.63	0.47	0.63	0.37	0.23	8
13	11	5	0.53	0.40	0.53	0.47	0.25	9
14	5	6	0.37	-0.07	0.37	0.63	0.23	-
15	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	10
16	8	5	0.43	0.20	0.43	0.57	0.25	-
17	11	5	0.53	0.40	0.53	0.47	0.25	11
18	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	-
19	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	12
20	7	8	0.50	-0.07	0.50	0.50	0.25	-
21	12	4	0.53	0.53	0.53	0.47	0.25	13
22	12	4	0.53	0.53	0.53	0.47	0.25	14
23	8	6	0.47	0.13	0.47	0.53	0.25	-
24	10	6	0.53	0.27	0.53	0.47	0.25	15
25	12	6	0.60	0.40	0.60	0.40	0.24	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 (ต่อ)

ข้อที่	P_H	P_L	P	r	p	q	pq	ใช้จริง
26	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	17
27	11	7	0.60	0.27	0.60	0.40	0.24	-
28	11	5	0.53	0.40	0.53	0.47	0.25	18
29	12	7	0.63	0.33	0.63	0.37	0.23	19
30	7	4	0.37	0.20	0.37	0.63	0.23	-
31	10	5	0.50	0.33	0.50	0.50	0.25	20
32	11	4	0.50	0.47	0.50	0.50	0.25	21
33	9	9	0.60	0.00	0.60	0.40	0.24	-
34	7	4	0.37	0.20	0.37	0.63	0.23	-
35	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	22
36	8	5	0.43	0.20	0.43	0.57	0.25	23
37	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	24
38	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	25
39	8	9	0.57	-0.07	0.57	0.43	0.25	-
40	10	6	0.53	0.27	0.53	0.47	0.25	26
41	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	27
42	10	6	0.53	0.27	0.53	0.47	0.25	-
43	11	5	0.53	0.40	0.53	0.47	0.25	28
44	12	6	0.60	0.40	0.60	0.40	0.24	29
45	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	30
46	11	7	0.60	0.27	0.60	0.40	0.24	-
47	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	31
48	12	6	0.60	0.40	0.60	0.40	0.24	32
49	10	5	0.50	0.33	0.50	0.50	0.25	33
50	9	10	0.63	-0.07	0.63	0.37	0.23	-
51	12	7	0.63	0.33	0.63	0.37	0.23	34
52	10	5	0.50	0.33	0.50	0.50	0.25	35
53	9	5	0.47	0.27	0.47	0.53	0.25	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 (ต่อ)

ข้อที่	P_H	P_L	P	r	p	q	pq	ใช้จริง
54	12	5	0.57	0.47	0.57	0.43	0.25	36
55	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	37
56	12	6	0.60	0.40	0.60	0.40	0.24	38
57	12	7	0.63	0.33	0.63	0.37	0.23	39
58	9	6	0.50	0.20	0.50	0.50	0.25	-
59	11	6	0.57	0.33	0.57	0.43	0.25	40
60	8	7	0.50	0.07	0.50	0.50	0.25	-
							$\sum pq = 14.62$	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 ค่าคะแนนของผู้ทดสอบ และค่าคะแนนกำลังสอง เพื่อใช้คำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X^2
กลุ่มสูงคนที่ 1	50	2500
กลุ่มสูงคนที่ 2	48	2304
กลุ่มสูงคนที่ 3	46	2116
กลุ่มสูงคนที่ 4	46	2116
กลุ่มสูงคนที่ 5	44	1936
กลุ่มสูงคนที่ 6	44	1936
กลุ่มสูงคนที่ 7	42	1764
กลุ่มสูงคนที่ 8	41	1681
กลุ่มสูงคนที่ 9	41	1681
กลุ่มสูงคนที่ 10	40	1600
กลุ่มสูงคนที่ 11	40	1600
กลุ่มสูงคนที่ 12	39	1521
กลุ่มสูงคนที่ 13	39	1521
กลุ่มสูงคนที่ 14	38	1444
กลุ่มสูงคนที่ 15	34	1156
กลุ่มต่ำคนที่ 1	33	1089
กลุ่มต่ำคนที่ 2	30	900
กลุ่มต่ำคนที่ 3	28	784
กลุ่มต่ำคนที่ 4	26	676
กลุ่มต่ำคนที่ 5	26	676
กลุ่มต่ำคนที่ 6	25	625
กลุ่มต่ำคนที่ 7	25	625
กลุ่มต่ำคนที่ 8	24	576
กลุ่มต่ำคนที่ 9	23	529
กลุ่มต่ำคนที่ 10	21	441
กลุ่มต่ำคนที่ 11	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 12	20	400
กลุ่มต่ำคนที่ 13	19	361
กลุ่มต่ำคนที่ 14	18	324
กลุ่มต่ำคนที่ 15	16	256
รวม	$\sum X = 986$	$\sum X^2 = 35538$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$S_t^2 = \frac{30x35538 - (986)^2}{30(30-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{1066140 - 972196}{870}$$

$$S_t^2 = 107.98$$

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

$$r_{tt} = \frac{60}{60-1}\left[1 - \frac{14.62}{107.98}\right]$$

$$r_{tt} = 0.88$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ตารางที่ 6.6 ผลคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดหลังบทเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	คะแนนแบบฝึกหัดแต่ละหน่วยการสอน (เต็ม 60 คะแนน)						รวม	ร้อยละ
	3	4	5	6	7	8		
1	8	7	7	8	8	8	46	76.67
2	9	8	7	8	7	8	47	78.33
3	8	10	9	8	9	8	52	86.67
4	9	9	7	7	8	9	49	81.67
5	8	8	6	7	7	7	43	71.67
6	9	10	9	9	8	8	53	88.33
7	8	9	8	10	6	8	49	81.67
8	10	10	8	9	9	9	55	91.67
9	9	9	8	6	8	7	47	78.33
10	8	7	8	9	8	9	49	81.67
11	7	6	9	9	8	8	47	78.33
12	8	8	8	10	8	9	51	85.00
13	9	9	8	7	9	9	51	85.00
14	8	9	8	8	8	8	49	81.67
15	10	8	9	10	8	9	54	90.00
16	8	7	8	10	8	9	50	83.33
17	8	7	5	7	6	7	40	66.67
18	9	8	9	9	8	8	51	85.00
19	8	10	8	9	9	9	53	88.33
20	9	10	9	9	8	10	55	91.67
ร้อยละ	-	-	-	-	-	-	-	**82.58**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.7 ผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

คนที่	คะแนน	ร้อยละ
1	29	72.50
2	33	82.50
3	31	77.50
4	34	85.00
5	32	80.00
6	33	82.50
7	33	82.50
8	38	95.00
9	31	77.50
10	32	80.00
11	33	82.50
12	32	80.00
13	32	80.00
14	34	85.00
15	35	87.50
16	27	67.50
17	24	60.00
18	35	87.50
19	36	90.00
20	36	90.00
ร้อยละ	-	**81.25**

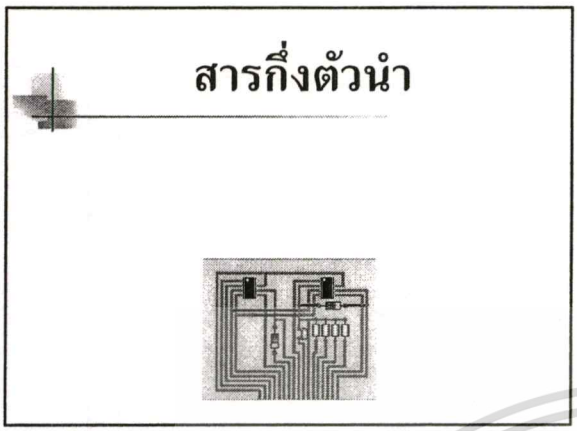
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

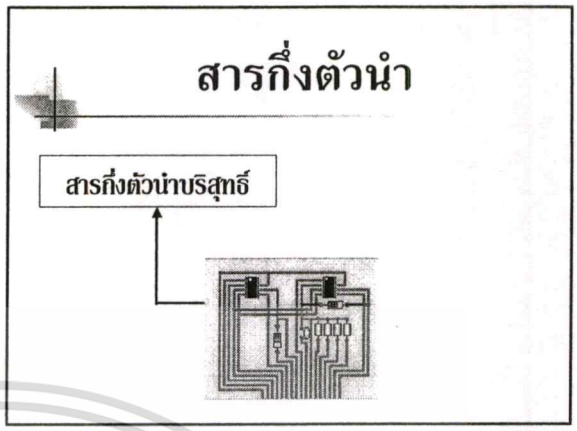
ภาคผนวก ง

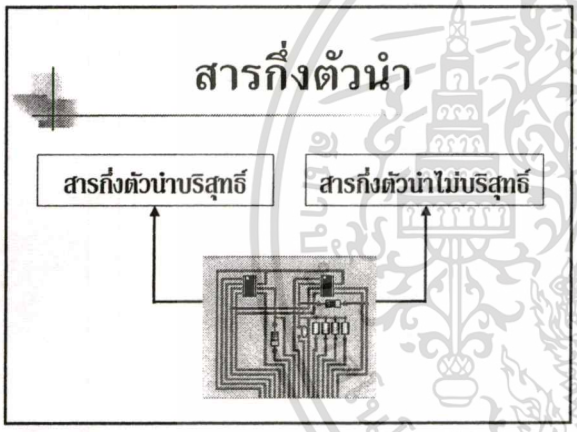
ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000

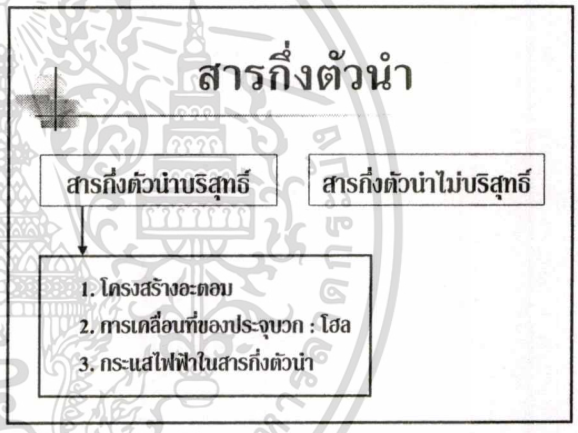
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000 (สารกึ่งตัวนำ)







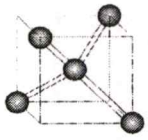


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างอะตอม

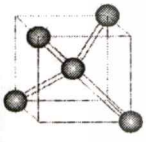
อะตอมของซิลิคอนแบบสองมิติ

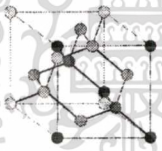
โครงสร้างอะตอม



ผลึกซิลิคอน

โครงสร้างอะตอม





ผลึกซิลิคอน

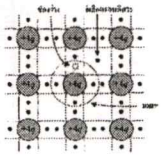
โครงสร้างอะตอม

เมื่อไม่ได้รับพลังงานจากภายนอก

เมื่อได้รับพลังงานจากภายนอก

ภาพเสมือน 2 มิติของโครงสร้างผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์

โครงสร้างอะตอม



เมื่อไม่ได้รับพลังงานจากภายนอก

เมื่อได้รับพลังงานจากภายนอก

ภาพเสมือน 2 มิติของโครงสร้างผลึกซิลิคอนบริสุทธิ์

การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล

การเคลื่อนที่ของประจุในสารกึ่งตัวนำมี 2 แบบ คือ

1. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระภายในโครงสร้างผลึก

! ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุ *ลบ*

2. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากพันธะหนึ่งไปอีกพันธะหนึ่ง

! ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุ *บวก*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล

การเคลื่อนที่ของประจุในสารกึ่งตัวนำมี 2 แบบ คือ

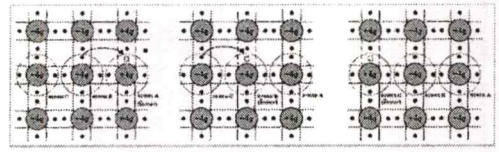
1. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระภายในโครงสร้างผลึก

! ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุ *ลบ*

2. การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากพันธะหนึ่งไปอีกพันธะหนึ่ง

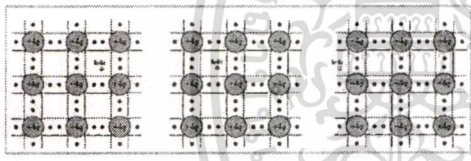
! ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุ *บวก*

การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล



การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อมีช่องว่างเกิดขึ้น

การเคลื่อนที่ของประจุบวก : โฮล



การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเมื่อมีช่องว่างเกิดขึ้น

กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดได้มี 2 แบบ คือ

1. เนื่องจากอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็น *ลบ*

! ทำให้เกิดกระแสไหล *ในทิศทางตรงกันข้าม*

2. เนื่องจากโฮลเป็นอนุภาคสมมุติที่มีประจุเป็น *บวก*

! ทำให้เกิดกระแสไหล *ในทิศทางเดียวกัน*

กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

กระแสไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำเกิดได้มี 2 แบบ คือ

1. เนื่องจากอิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีประจุเป็น *ลบ*

! ทำให้เกิดกระแสไหล *ในทิศทางตรงกันข้าม*

2. เนื่องจากโฮลเป็นอนุภาคสมมุติที่มีประจุเป็น *บวก*

! ทำให้เกิดกระแสไหล *ในทิศทางเดียวกัน*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำชนิด n

สารกึ่งตัวนำชนิด p

สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำชนิด n

สารกึ่งตัวนำชนิด p

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์
ที่ถูกแพร่ด้วยสารเจือหมู่ V

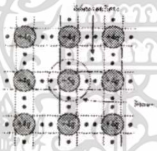
สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

สารกึ่งตัวนำชนิด n

สารกึ่งตัวนำชนิด p

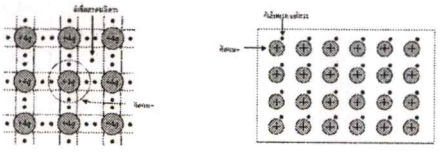
สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์
ที่ถูกแพร่ด้วยสารเจือหมู่ III

สารกึ่งตัวนำชนิด n



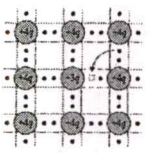
โครงสร้างภายในสารกึ่งตัวนำชนิด **n**

สารกึ่งตัวนำชนิด n



โครงสร้างภายในสารกึ่งตัวนำชนิด **n**

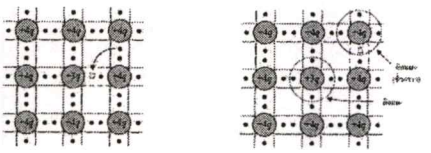
สารกึ่งตัวนำชนิด p



โครงสร้างภายในสารกึ่งตัวนำชนิด p

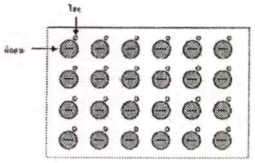
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารกึ่งตัวนำชนิด p



โครงสร้างภายในสารกึ่งตัวนำชนิด p

สารกึ่งตัวนำชนิด p



โครงสร้างภายในสารกึ่งตัวนำชนิด p

ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	ชนิด p	ชนิด n
พาหะส่วนมาก	โฮล	อิเล็กตรอนอิสระ
พาหะส่วนน้อย	อิเล็กตรอนอิสระ	โฮล
ประจุไฟฟ้าสถิต	ประจุลบของสารเจือผู้รับ	ประจุบวกของสารเจือผู้ให้

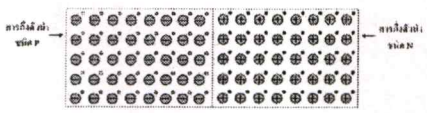
ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	ชนิด p	ชนิด n
พาหะส่วนมาก	โฮล	อิเล็กตรอนอิสระ
พาหะส่วนน้อย	อิเล็กตรอนอิสระ	โฮล
ประจุไฟฟ้าสถิต	ประจุลบของสารเจือผู้รับ	ประจุบวกของสารเจือผู้ให้

ประจุไฟฟ้าในสารกึ่งตัวนำ

ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	ชนิด p	ชนิด n
พาหะส่วนมาก	โฮล	อิเล็กตรอนอิสระ
พาหะส่วนน้อย	อิเล็กตรอนอิสระ	โฮล
ประจุไฟฟ้าสถิต	ประจุลบของสารเจือผู้รับ	ประจุบวกของสารเจือผู้ให้

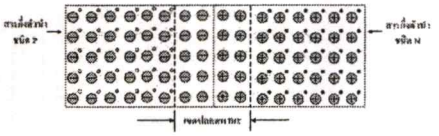
รอยต่อ pn



การเชื่อมต่อสารกึ่งตัวนำชนิด p และ n

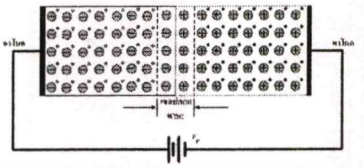
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยต่อ pn



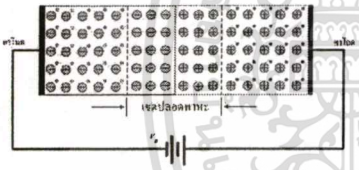
เขตปลอดพาหะที่เกิดขึ้นบริเวณรอยต่อ pn

รอยต่อ pn



รอยต่อ pn เมื่อถูกไบอัสไปข้างหน้า

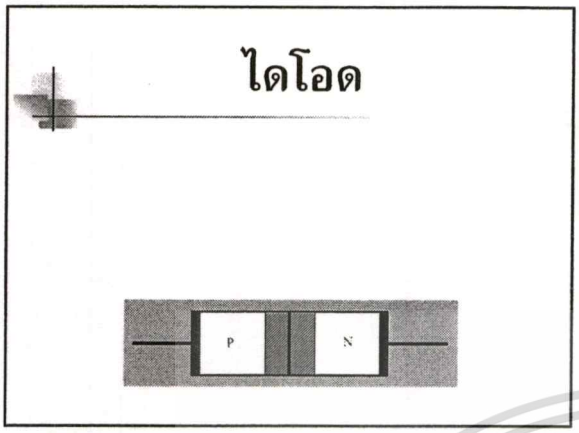
รอยต่อ pn

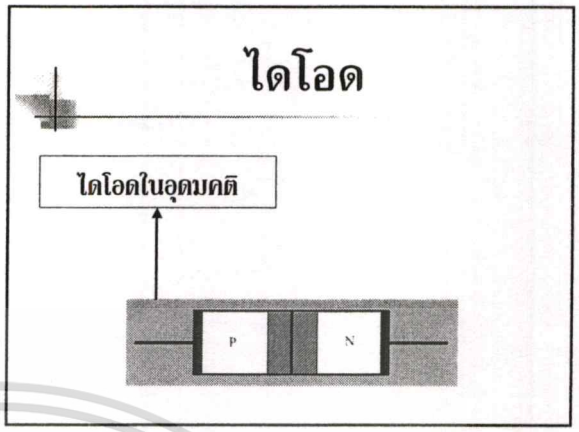


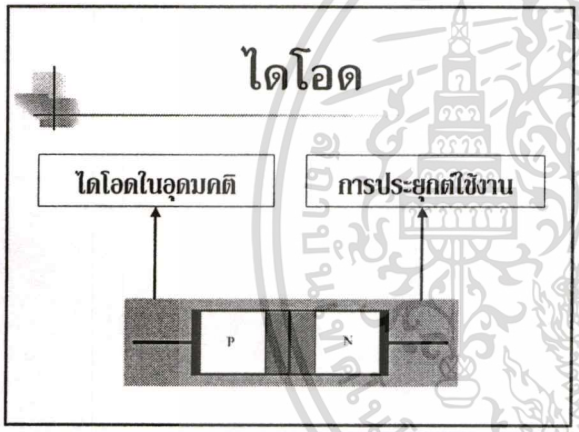
รอยต่อ pn เมื่อถูกไบอัสย้อนกลับ

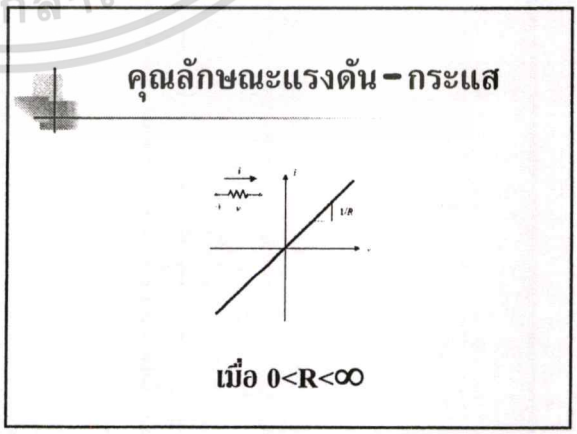
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000 (ไดโอด)



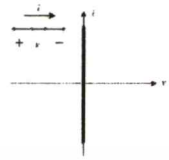






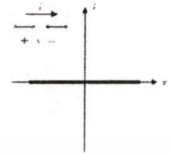
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะแรงดัน – กระแส



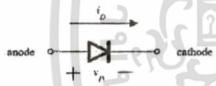
เมื่อ R = 0 (ปิดวงจร)

คุณลักษณะแรงดัน – กระแส



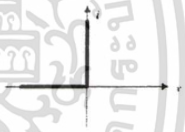
เมื่อ R = ∞ (เปิดวงจร)

ไดโอดในอุดมคติ



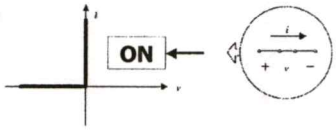
สัญลักษณ์ทางวงจรไฟฟ้าของไดโอด

ไดโอดในอุดมคติ

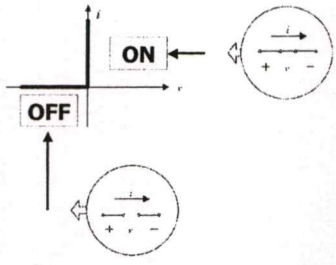


กราฟแสดงคุณลักษณะแรงดัน-กระแส

ไดโอดในอุดมคติ

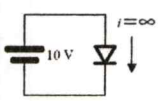


ไดโอดในอุดมคติ

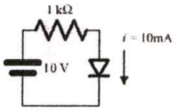


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดในอุดมคติ

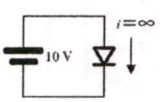


เมื่อไม่มีการจำกัดกระแส

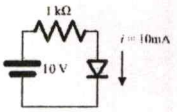


เมื่อมีการจำกัดกระแส

ไดโอดในอุดมคติ

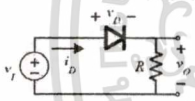


เมื่อไม่มีการจำกัดกระแส



เมื่อมีการจำกัดกระแส

วงจรเรียงสัญญาณ

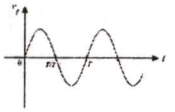


วงจรเรียงสัญญาณที่ใช้ไดโอดในอุดมคติ

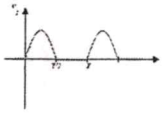
วงจรเรียงสัญญาณ

แรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าวงจร แรงดันเอาต์พุตของวงจร

วงจรเรียงสัญญาณ

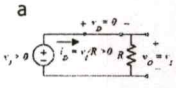


แรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าวงจร



แรงดันเอาต์พุตของวงจร

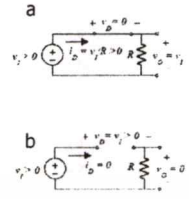
วงจรเรียงสัญญาณ



วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าศูนย์

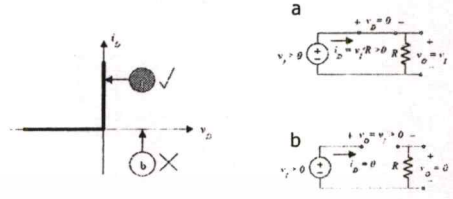
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงสัญญาณ



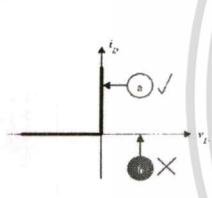
วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าศูนย์

วงจรเรียงสัญญาณ



วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าศูนย์

วงจรเรียงสัญญาณ

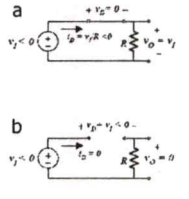


วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่ามากกว่าศูนย์

วงจรเรียงสัญญาณ

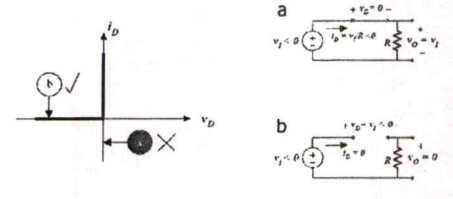
วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าน้อยกว่าศูนย์

วงจรเรียงสัญญาณ



วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าน้อยกว่าศูนย์

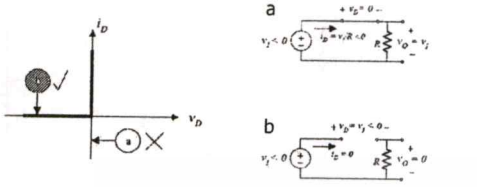
วงจรเรียงสัญญาณ



วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าน้อยกว่าศูนย์

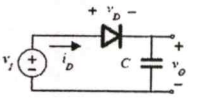
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเรียงสัญญาณ



วงจรเรียงสัญญาณ เมื่อแรงดันอินพุตมีค่าน้อยกว่าศูนย์

วงจรคงค่าแรงดัน



วงจรคงค่าแรงดันที่ใช้ไดโอดในอุดมคติ

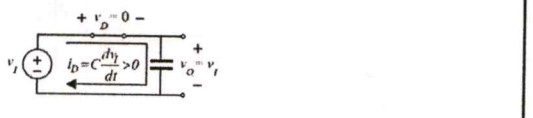
วงจรคงค่าแรงดัน

แรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าวงจร แรงดันเอาต์พุตของวงจร

วงจรคงค่าแรงดัน

แรงดันอินพุตที่ป้อนเข้าวงจร แรงดันเอาต์พุตของวงจร

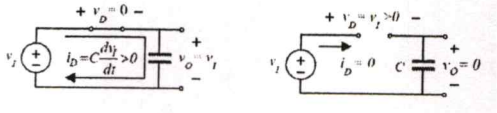
วงจรคงค่าแรงดัน



a

การทำงานของวงจรคงค่าแรงดัน เมื่อ 0<t<T/4

วงจรคงค่าแรงดัน

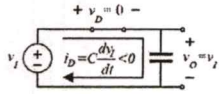


a b

การทำงานของวงจรคงค่าแรงดัน เมื่อ 0<t<T/4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

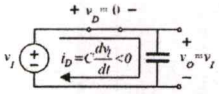
วงจรคงค่าแรงดัน



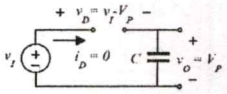
a

การทำงานของวงจรคงค่าแรงดัน เมื่อ t>T/4

วงจรคงค่าแรงดัน



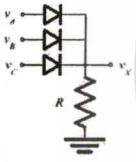
a



b

การทำงานของวงจรคงค่าแรงดัน เมื่อ t>T/4

การใช้ไดโอดเป็นลอจิกเกต

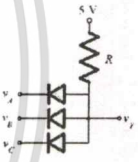


a

วงจรตรรกะดิจิตอล

การใช้ไดโอดเป็นลอจิกเกต

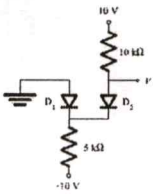
a



b

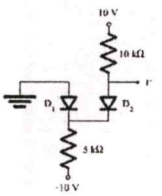
วงจรตรรกะดิจิตอล

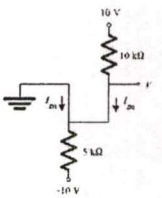
ตัวอย่างการคำนวณ



จงหาแรงดัน V_A ในวงจร

ตัวอย่างการคำนวณ

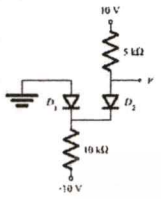




จงหาแรงดัน V_A ในวงจร

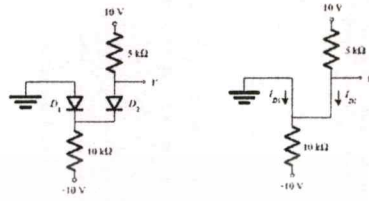
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ



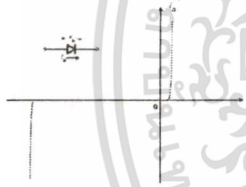
จงหาแรงดัน V_A ในวงจร

ตัวอย่างการคำนวณ



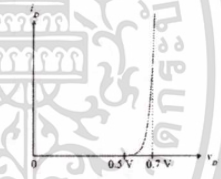
จงหาแรงดัน V_A ในวงจร

ไดโอดรอยต่อ



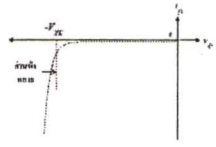
กราฟความสัมพันธ์ของแรงดัน-กระแส

ไดโอดรอยต่อ



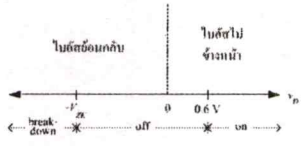
ไดโอดที่ถูกไบอัสไปข้างหน้า

ไดโอดรอยต่อ



ไดโอดที่ถูกไบอัสย้อนกลับ

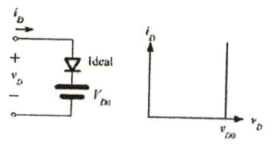
ไดโอดรอยต่อ



ย่านการทำงานของไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดรอยต่อ



แบบจำลองอย่างง่ายของไดโอด

การวิเคราะห์วงจรไดโอด

สามารถวิเคราะห์หาแรงดันและกระแสได้ 3 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์โดยใช้กราฟ
2. การวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณซ้ำ
3. การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย

การวิเคราะห์วงจรไดโอด

สามารถวิเคราะห์หาแรงดันและกระแสได้ 3 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์โดยใช้กราฟ
2. การวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณซ้ำ
3. การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย

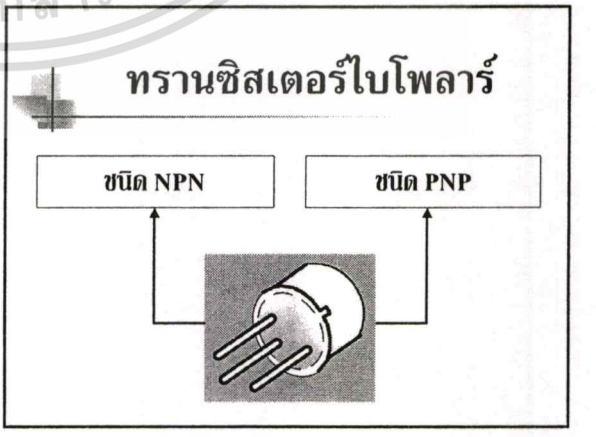
การวิเคราะห์วงจรไดโอด

สามารถวิเคราะห์หาแรงดันและกระแสได้ 3 วิธี คือ

1. การวิเคราะห์โดยใช้กราฟ
2. การวิเคราะห์โดยใช้การคำนวณซ้ำ
3. การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองอย่างง่าย

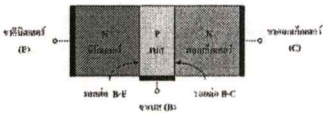
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสื่อการสอน Microsoft PowerPoint 2000 (ทรานซิสเตอร์)



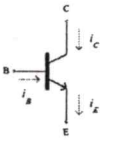
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



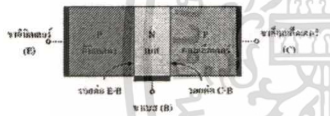
โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

โครงสร้างและสัญลักษณ์ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

สภาวะการทำงานทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

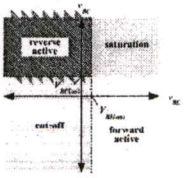
1. สภาวะ Cut-Off

2. สภาวะ Forword Active

3. สภาวะ Saturation

4. สภาวะ Reverse Active

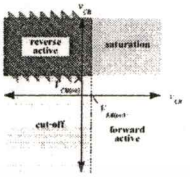
ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



สภาวะการทำงานทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN

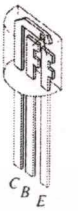
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



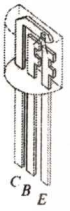
สภาวะการทำงานทรานซิสเตอร์ ชนิด PNP

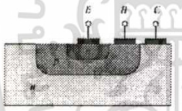
ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



การเชื่อมต่อภายในทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

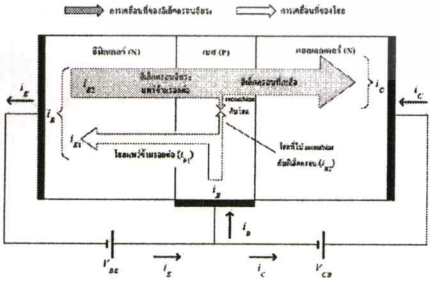




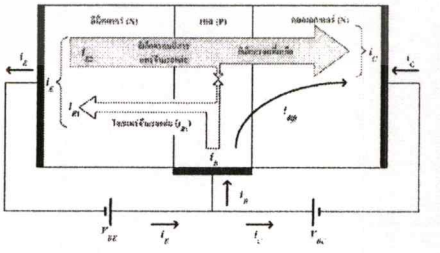
การเชื่อมต่อภายในทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

ตัวถังของทรานซิสเตอร์ TO-92

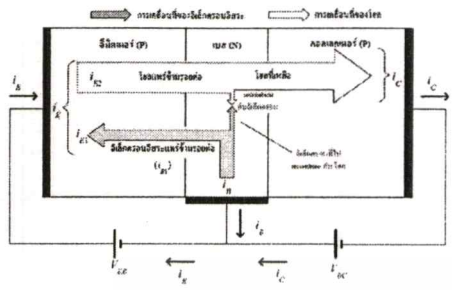


การทำงานเชิงกายภาพของทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN



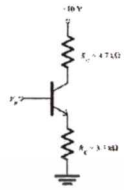
การไหลของกระแสในทรานซิสเตอร์ (Saturation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การทำงานเชิงกายภาพของทรานซิสเตอร์ ชนิด PNP

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

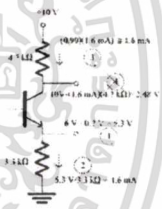


การตรวจสอบสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์

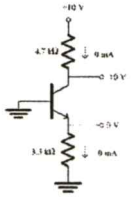
การตรวจสอบสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



การตรวจสอบสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



การตรวจสอบสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์

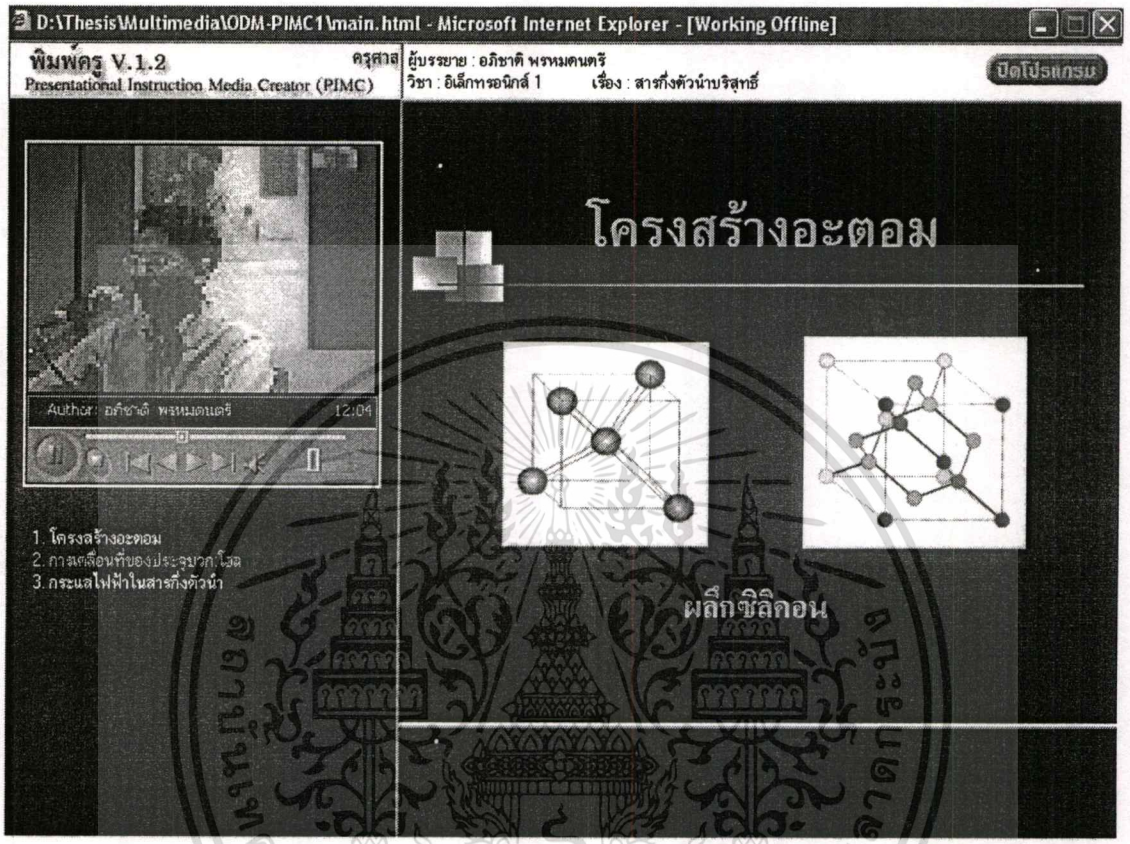
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์

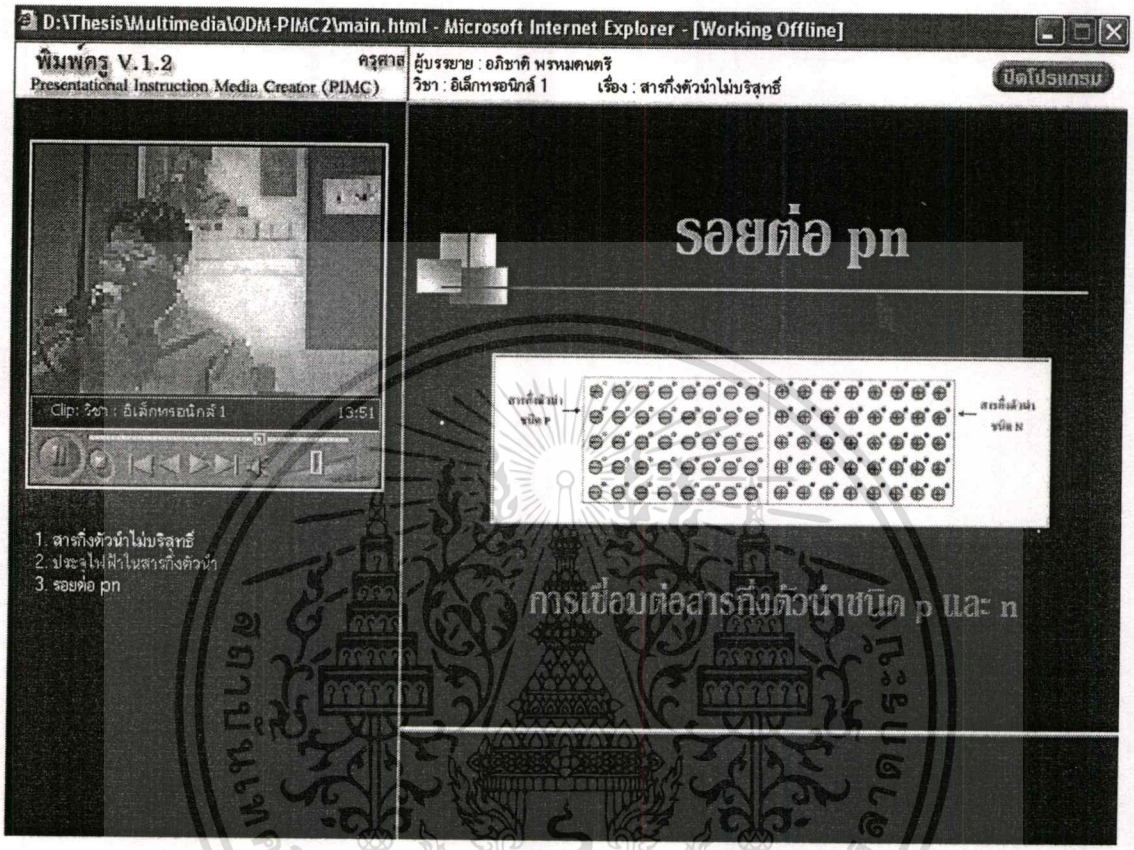
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 3 เรื่อง สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์



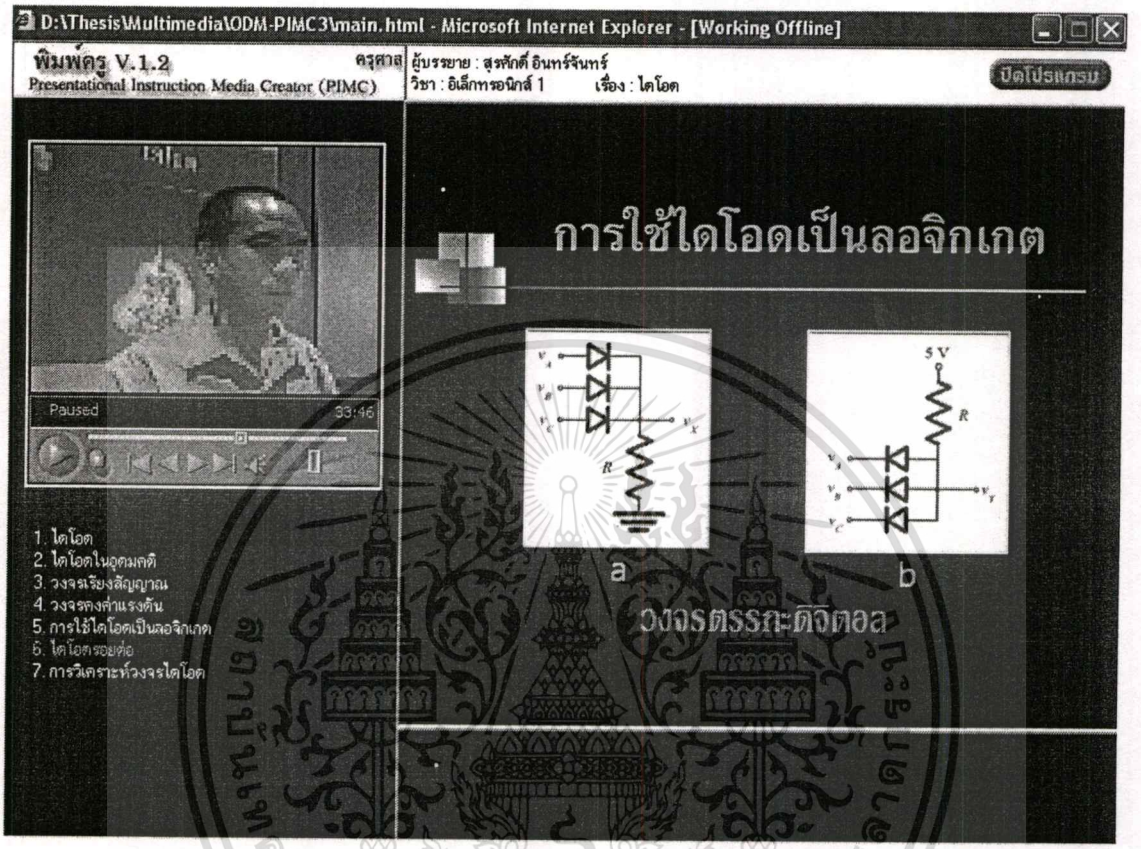
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 4 เรื่อง สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์



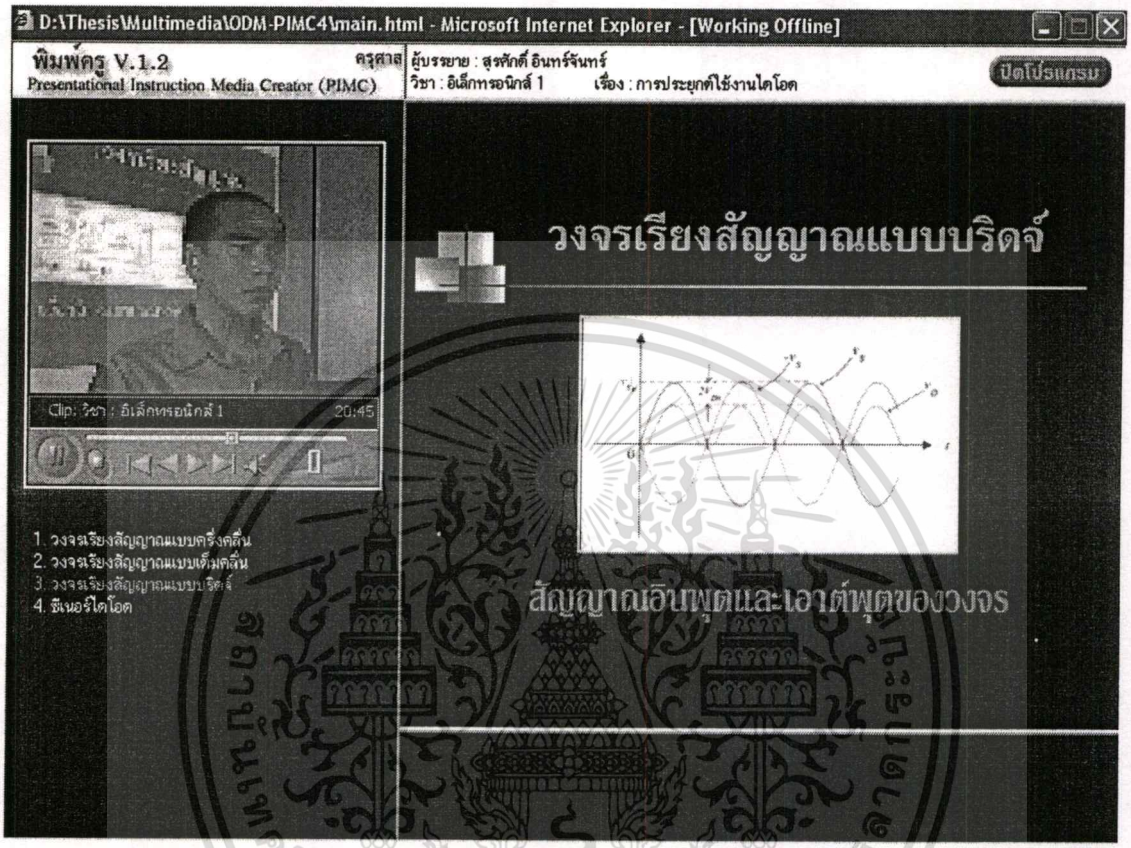
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 5 เรื่อง ไดโอด



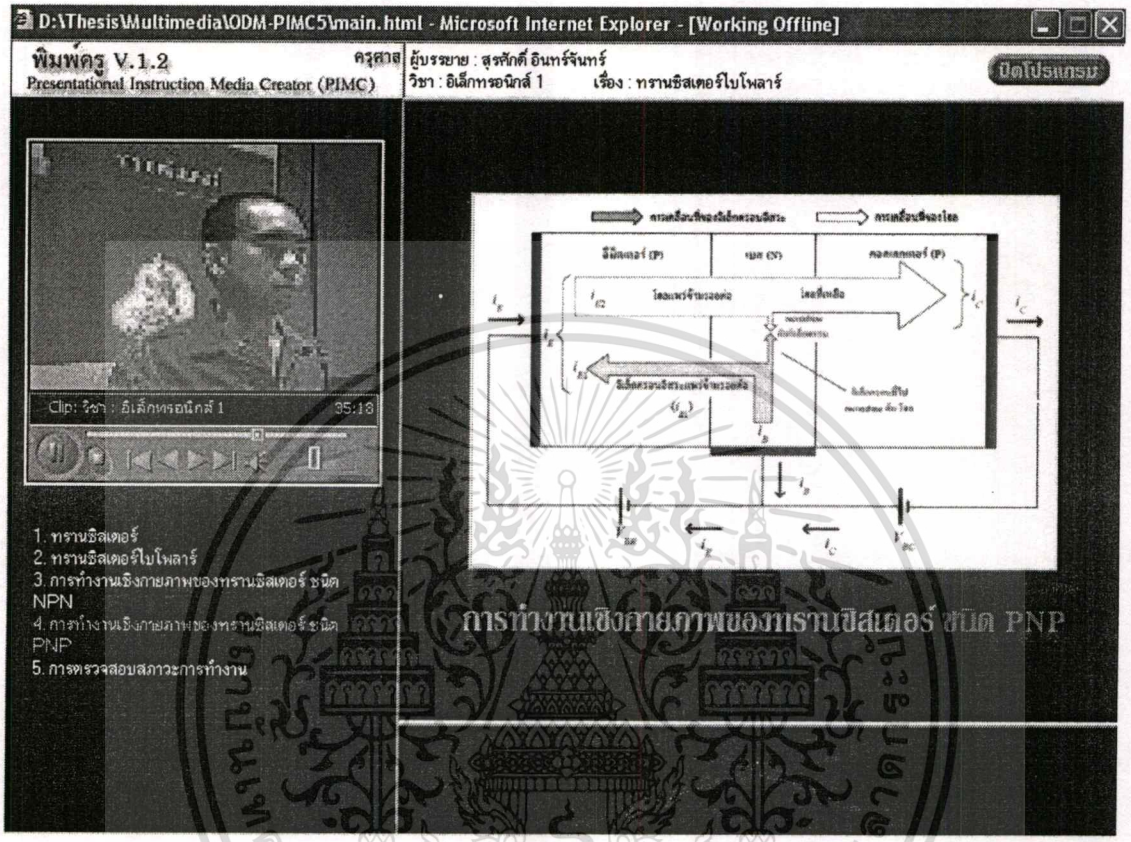
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 6 เรื่อง การประยุกต์ใช้งานไดโอด



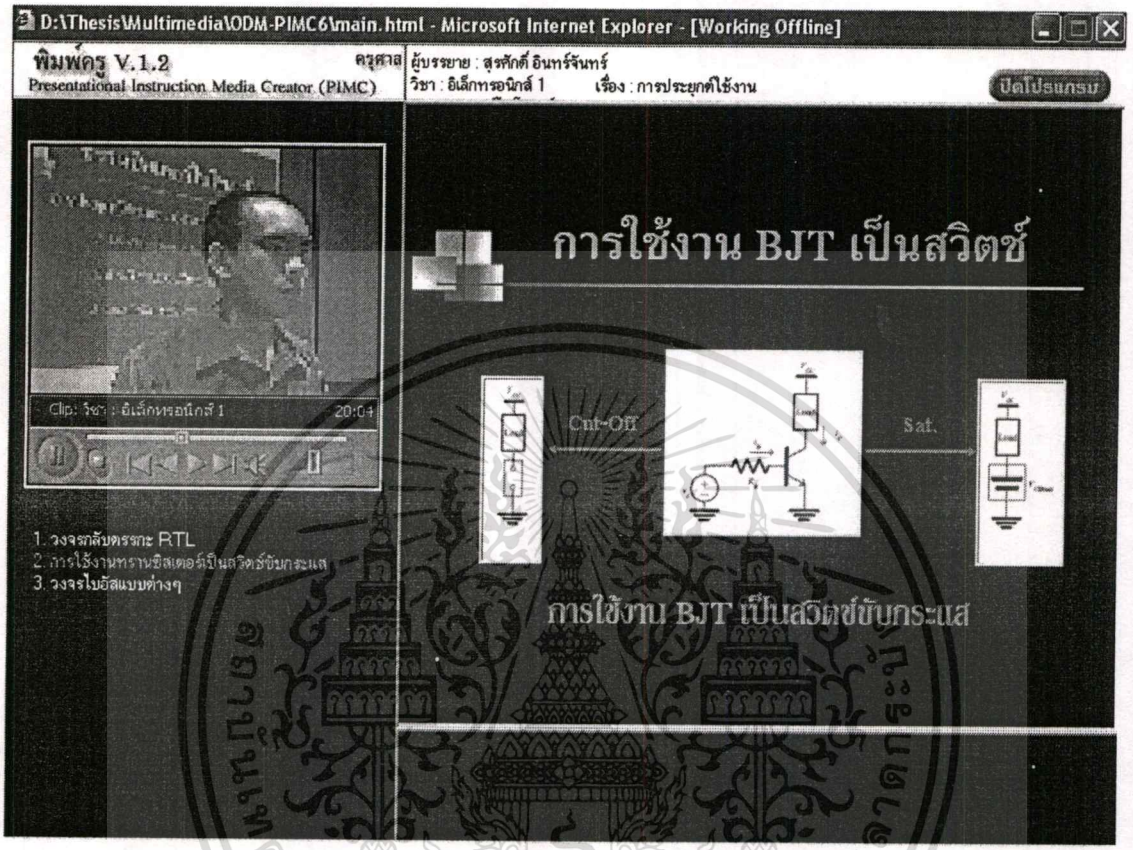
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 7 เรื่อง ทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์
หน่วยที่ 8 เรื่อง การประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์ไบโพลาร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายสุรศักดิ์ อินทร์จันทร์
วัน เดือน ปี เกิด	6 กุมภาพันธ์ 2519
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	95 หมู่ 2 ตำบลสะพานไกร อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี 76150
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ. 2548 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้