สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON ELECTROSTATIC DISCHARGE IN ELECTRONICS INDUSTRIAL

T 061196

ศรัณย์ รินคำ

SARUN RINKAM

วพ.
ส1614
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61196
วัน,เดือน,ปี 7 ม.ค. 2549

b 11551963
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-5-2088-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPUTER ASSITED INSTRUCTION ON ELECTROSTATIC DISCHARGE IN ELECTRONICS INDUSTRIAL

SARUN RINKAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION

IN ELECTRICAL COMMUNICATION ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-5-2088-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
นักศึกษา	ศรัณย์ รินคำ
รหัสประจำ	43064644
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสากรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยประกอบไปด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน เนื้อหาแต่ละบทเรียน จำนวน 3 บท ซึ่งประกอบไปด้วย 1. ไฟฟ้าสถิตESD 2. ผลกระทบของ ESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ 3. การป้องกันและควบคุม ESD รวมทั้งแบบทดสอบท้ายบทเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยนำบทเรียนที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นพนักงานระดับปฏิบัติการ ในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของ บริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย) จำกัด

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมา มีประสิทธิภาพ 81.33/82.66 ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis title	Computer Assisted Instruction on Electrostatic Discharge in Electronics Industrial
Student	Mr. Sarun Rinkam
Student ID.	43064644
Degree	Master of Science in Industrial Education
Programme	Electrical Communication Engineering
Year	2005
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co - Advisor	Dr.Somchai Maunsaiyat

ABSTRACT

The purposes of this research were to build and determine the efficiency of the computer assisted instruction on electrostatic discharge in electronics industry, and to compare the learning achievement of the sample group before and after studying with computer assisted instruction. The hypothesis of this research was that the efficiency of the CAI on electrostatic discharge in electronics industry according to the required criteria was at 80/80.

Three lessons of the CAI on electrostatic discharge in electronics industry were developed to cover the curriculum, including pre-test, contents (Electrostatic and ESD, the effects of ESD, ESD preventive), exercises and post-tests. The sample of study was 20 employees in operator level of electonics manufacturer SANYO SEMICONDUCTOR (THAILAND) CO. , LTD.

The result obtained from the reseach was that the efficiency of the CAI was at 81.33/82.66 which was higher than the standard level of 80/80, and the academic achievement of the sample who study the instruction was higher than the sample, who never study, with statistical significance at 0.05 level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเสนอ แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการวิจัยด้วยความเอาใจใส่ตลอดมาจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งใจในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. สุรสิทธิ์ ราตรี, รศ. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ และรศ.ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล ที่ได้ให้คำแนะนำ เพื่อแก้ไขและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา คุณประสบโชค ทิพย์แก้ว, คุณกิติยศ สาคริก และ คุณวสันต์ คงสิน รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการผลิตสื่อ ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์, ผศ. อรรถพร ฤทธิ์เกิด และ อาจารย์ เกษม สุขสบาย ที่ได้ให้คำปรึกษาด้านสื่อ ตรวจหาข้อบกพร่อง ให้นำมาปรับปรุงแก้ไข เพื่อปรับปรุงให้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพสูงสุด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณาจารย์คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตลอดจนคณาจารย์ต่างคณะ และต่างสถาบัน ที่ได้ให้ความรู้ และทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ทำวิจัย

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งต่อบุคคลทุกท่านที่มีความเกี่ยวข้องและมิได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ที่สละเวลาให้ความร่วมมือ ทำให้ได้รับข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่และทุกคนในครอบครัวที่ได้ให้ความสนับสนุนจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ก็เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านทั้งหลายดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างมาก คุณค่าและประโยชน์ใดๆ ที่พึงมี หากเป็นกุศลขอให้บังเกิดแด่คุณพ่อคุณแม่ครู-อาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศรัณย์ รินคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญภาพ.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....2

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....3

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....4

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 เนื้อหาคำอธิบายของไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.....5

2.2 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....28

2.3 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....33

2.4 การหาประสิทธิภาพบทเรียน.....36

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....38

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....41

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....41

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....41

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....48

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....53

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
จากผู้ทรงคุณวุฒิ.....54

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....55

4.3 ผลการวิเคราะห์การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน.....56

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....58

5.1 สรุปผลการวิจัย.....58

5.2 อภิปรายผล.....61

5.3 ข้อเสนอแนะ.....63

บรรณานุกรม.....66

ภาคผนวก.....68

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ.....69

ภาคผนวก ข รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ.....76

ภาคผนวก ค แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน(ด้านเนื้อหา).....78

ภาคผนวก ง แบบประเมินคุณภาพของบทเรียน(ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ).....81

ภาคผนวก จ แบบทดสอบก่อนเรียน.....85

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน.....92

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....102

ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง.....112

ภาคผนวก ช ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....122

ประวัติผู้เขียน.....129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงศักย์ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป....9

2.2 ศักดาที่สามารถทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้....16

2.3 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Human Body Model....22

2.4 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Machine Model....22

2.5 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Charge Device Model....22

2.6 พื้นที่ทั่วไปที่ต้องมีมาตรการป้องกัน ESD....25

4.1 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา....54

4.2 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ....55

4.3 แสดงการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน....56

4.4 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน....56

6.1 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา....80

6.2 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม อิเล็กทรอนิกส์ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ....83

6.3 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน....112

6.4 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย แสดงคะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 20 คน....114

6.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน....116

6.6 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน....117

6.7 ผลการวิเคราะห์การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน....118

6.8 ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่ายและ ค่าความเชื่อมั่น....120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ปรากฏการณ์ถ่ายเทประจุเนื่องจากการเสียดสี....6

2.2 Triboelectric Series แสดงความจะเป็นศักย์บวกหรือลบหลังการถ่ายเทประจุ....7

2.3 รูปแบบหนึ่งของ Electroscope....10

2.4 แสดงประจุที่อยู่บนตัวนำและฉนวน....11

2.5 การเกิดการเหนี่ยวนำอย่างง่าย....12

2.6 การเกิด Mutual Capacitance ระหว่างตัวนำ....14

2.7 ลักษณะกระแสที่ไหลของ HBM....19

2.8 ลักษณะกระแสที่ไหลของ MM....19

2.9 ลักษณะกระแสที่ไหลของ CDM....21

2.10 แสดงความเสียหายที่เกิดจาก ESD, ESD, และ EOS....23

2.11 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น....30

2.12 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น....30

6.1 หน้าจอไตเติล....123

6.2 หน้าจอนำเข้าสู่บทเรียน....123

6.3 หน้าจอลงทะเบียนข้อมูลของผู้เรียน....124

6.4 หน้าจอเมนูหลัก....124

6.5 หน้าจอวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม....125

6.6 หน้าจอรายการเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD....125

6.7 หน้าจอเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD....126

6.8 หน้าจอเนื้อหาเรื่องผลกระทบของESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์....126

6.9 หน้าจอเนื้อหาเรื่องการป้องกันและควบคุม ESD....127

6.10 หน้าจอแบบทดสอบท้ายบทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD....127

6.11 หน้าจอแบบทดสอบท้ายบทโดยแสดงผลลัพธ์ของการทำแบบทดสอบ....128

6.12 หน้าจอแสดงการออกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน....128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในอุตสาหกรรมการผลิตทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ประกอบไปด้วย กระบวนการหลายขั้นตอนในการผลิต ที่จะให้ได้มาซึ่งแต่ละผลิตภัณฑ์นั้น แต่ละกระบวนการในการผลิตก็จะต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการผลิต ซึ่งจะส่งผลไปถึงผลิตภัณฑ์นั่นเอง ปัจจัยหนึ่งซึ่งจะมีผลเป็นอย่างมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ก็คือ ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic or Static Electricity) ไฟฟ้าสถิตเกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น เมื่อเกิดการสัมผัสแล้วแยกออกจากกันหรือถูกันระหว่างวัสดุทั้งเป็นกลางทางไฟฟ้า (ปริมาณประจุบวกและประจุลบเท่ากัน) ไปเป็นวัสดุทั้งสองนั้นชิ้นหนึ่งมีประจุบวกมากกว่า และอีกชิ้นมีประจุลบมากกว่า การที่วัสดุใดจะมีประจุชนิดใดมากกว่า ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุทั้งสอง

เมื่อเกิดประจุขึ้นบนวัสดุแล้ว จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นบนพื้นผิวของวัสดุนั้นด้วย ซึ่งประจุที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เคลื่อนที่หากไม่มีทางให้มันวิ่งไป ดังนั้นเราจะเรียกประจุเหล่านี้ว่าเป็นประจุสถิต หรือ ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic) แต่มีสิ่งหนึ่งที่ต้องจำไว้ก็คือ ไม่ว่าเราจะทำอะไรก็ตามประจุไฟฟ้าย่อมพยายามหาทางที่มันจะถ่ายเทไปวัตถุอื่นให้ได้ (Electrostatic Discharge;ESD) การควบคุมปัญหาที่เกิดจากการถ่ายเทประจุ หรือ ESD นั้น ไม่ใช่เรื่องง่าย อีกทั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นจะเกิดได้ทั้งขั้นตอนของการผลิต , ประกอบ ,ทดสอบ ,ขนส่ง และกระบวนการทุกอย่างที่เกี่ยวกับตัวอุปกรณ์ (Device) ซึ่งการถ่ายเทประจุแล้วทำให้เสียหายนั้นเกิดได้ทั้งจากการถ่ายประจุจาก ตัวอุปกรณ์ไปยังวัตถุภายนอก และ การถ่ายเทประจุจากวัตถุภายนอก เข้าไปยัง ตัวอุปกรณ์ และอุปกรณ์แต่ละอย่างก็มีความสามารถในการทนทานต่อ ESD ไม่เท่ากัน

ความเสียหายเนื่องจาก ESD อาจจะไม่ได้เกิดขึ้นแล้วเห็นผลในทันที แต่เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วแฝงอยู่ในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ความเสียหายแฝงนี้จะทำให้อุปกรณ์นั้นยังคงทำงานได้ตามปกติเมื่ออยู่ที่โรงงานของผู้ผลิตแต่จะเกิดความบกพร่องหลังจากนั้นเมื่อส่งถึงมือผู้ใช้ปลายทาง (End-users) และใช้งานไปสักระยะหนึ่ง

ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนและขั้นตอนในการผลิตที่มีความเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการผลิต ก็จะทราบแต่เพียงว่ามีการป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต โดยวิธีการและอุปกรณ์ ต่างๆ แต่ก็มิได้มีความเข้าใจและตระหนักถึงเท่าที่ควร อีกทั้งอาจมีการละเลยข้อ ปฏิบัติบางอย่างที่สำคัญไป เพราะไม่ความเข้าใจในเรื่องนี้และเป้าหมายที่แท้จริงในการที่ต้องคำนึงถึงปัจจัยนี้ไปทำให้อาจเกิดผลเสียกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาในการที่จะเรียนรู้ข้อมูลต่างๆ ในสภาพจริง ของการทำงานที่มีความเกี่ยวข้องกับไฟฟ้าสถิต (Electrostatic) ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นั้น ซึ่งไม่มีในบทเรียนปัจจุบัมน ทำให้ผู้วิจัยเห็นว่า การพัฒนาสื่อคอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนรู้ จะสามารถเข้ามาแก้ปัญหาในการเรียนรู้ต่างๆได้

ในขณะที่เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก และยังสามารถนำมาประยุกต์เพื่อเสริมในกระบวนการ ในการให้ความรู้และความเข้าใจในงานด้านต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้ประกอบในการช่วยให้ความรู้ เพื่อประยุกต์ใช้สื่อคอมพิวเตอร์ในแต่ละส่วนของการเสริมสร้างความรู้ จำเป็นที่จะต้องสร้างความเข้าใจอย่างถูกต้องชัดเจน โดยเฉพาะส่วนที่จะนำมาเป็นตัวแทนผู้สอน (ไพโรจน์ ตีรณธนากุล. 2541 : 20)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความต้องการที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยเน้นให้ผู้เรียน สามารถที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ และมีมาตรฐานตามที่กำหนดขึ้นกับการทำงานจริง ผู้วิจัยเห็นว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จะมีประโยชน์โดยตรงต่อผู้ที่จะสนใจ และผู้ที่ทำงานอยู่ ได้เรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างมีมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หลังจากเรียนกับก่อนเรียน

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/ 80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 กรอบแนวความคิดของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขกรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีเนื้อหาแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. ไฟฟ้าสถิตและ ESD
2. ผลกระทบของ ESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
3. การป้องกันและควบคุม ESD

และผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากเทคนิคการออกแบบบทเรียนการสอนเป็นขั้นตอนต่างๆ ไว้ 9 ขั้น ของ Gagné (อ้างใน สุกรี รอดโพธิ์ทอง 2535 : 4 – 7)

1. เร้าความสนใจ (Gain Attention) เพื่อกระตุ้นและจูงใจผู้เรียน
2. บอกวัตถุประสงค์ (Define Objectives) ในการเรียนให้ผู้เรียนทราบ
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge) เพื่อเตรียมผู้เรียนให้พร้อม
4. เสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information) การเสนอเนื้อหาของการเรียนรู้ด้วยคอมพิวเตอร์
5. การชี้แนวทางในการเรียนรู้ (Guide Learning) เป็นหน้าที่ของผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่
6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) เพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมต่างๆ (Provide Feed back) เป็นการเร้าความสนใจแก่ผู้เรียน
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) เป็นการช่วยเร้าความสนใจและเป็นการบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงจุดใด ห่างจากเป้าหมายเพียงใด
8. ประเมินความรู้ (Assess Performance) เป็นการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียน ระหว่างเรียน ช่วงท้ายบทเรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวัดค่าผู้เรียน
9. การส่งเสริมการเรียนรู้และการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Promote Retention and Transfer) เป็นขั้นตอนของการสรุปเฉพาะประเด็นสำคัญรวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนหรือซักถามปัญหาก่อนจบบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดอยุธยาจำนวน 52 คน

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการ ของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย)จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ในจังหวัดอยุธยา จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(Purposive Sampling)

1.5.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือ ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

1.5.4 เนื้อหาวิชา

องค์ประกอบของเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยมีเนื้อหาแยกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ไฟฟ้าสถิตและ ESD
2. ผลกระทบของ ESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
3. การป้องกันและควบคุม ESD

1.6 นิยามศัพท์ที่ใช้ในงานวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมในการฝึกอบรมผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน การทบทวน การทำแบบฝึกหัด โดยจะนำเสนอเนื้อหาวิชา และลำดับวิธีการสอนที่ได้ทำการเก็บบันทึกไว้

2. ไฟฟ้าสถิต (Electrostatic) หมายถึง ปรากฏการณ์ ที่เกิดขึ้นจากการสัมผัสแล้วแยกออกจากกันหรือถูกันระหว่างวัสดุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า (ปริมาณประจุบวกและประจุลบเท่ากัน) ไปเป็นวัสดุทั้งสองนั้น ชิ้นหนึ่งมีประจุบวกมากกว่า หรืออีกชิ้นมีประจุลบมากกว่า การที่วัสดุใดจะมีประจุชนิดใดมากกว่า ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุทั้งสองและเมื่อเกิดประจุขึ้นบนวัสดุแล้ว จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นบนพื้นผิวของวัสดุนั้นด้วย ซึ่งประจุที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เคลื่อนที่หากไม่มีทางให้มันวิ่งไป

3. แบบทดสอบก่อนเรียน หมายถึง แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้ทดสอบก่อนการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.แบบประเมินหมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ด้าน คือแบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

5. พนักงานระดับปฏิบัติการ หมายถึง ผู้ฝึกอบรมที่เป็นพนักงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ของบริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

6. แบบทดสอบท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ใช้หลังการเรียนแต่ละบทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

7. แบบทดสอบหลังเรียน หมายถึง แบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกที่ใช้หลังการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ครบทั้ง 3 บทเรียนแล้ว

8.ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ประสิทธิภาพของบทเรียนซึ่งวัดจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้คือ 80 / 80 (E_1 / E_2) โดยที่

80 ตัวแรก คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบทระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง คือ ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนบทเรียนครบทุกบทเรียน

9. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังจากผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้องจาก เอกสาร ตำรา วารสาร คู่มือและรายงานการวิจัยทั้งในประเทศ และต่างประเทศ มีเนื้อหาประกอบด้วยส่วนที่เกี่ยวข้องต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 เนื้อหาคำอธิบายเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2.2 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

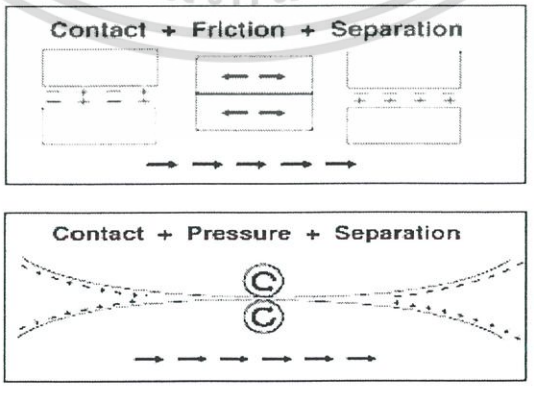
2.4 การหาประสิทธิภาพบทเรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เนื้อหาคำอธิบายเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2.1.1 การเกิดไฟฟ้าสถิต(Static Electricity)

โดยทั่วไปเราจะสามารถสังเกตเห็นปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตได้เมื่อเกิดปรากฏการณ์แบบใหญ่ๆ (Macroscopic) เช่นฟ้าแลบ ฟ้าผ่า เป็นต้น แต่จริงๆแล้ว ไฟฟ้าสถิตนั้นอาจจะเกิดขึ้นได้อยู่ตลอดเวลาในระบบเล็กๆ (Microscopic) ด้วยตัวอย่างเช่น เสื้อผ้าที่ยับลู่ติดตัว การเกิดฝุ่นหนาเกาะจับตามหน้าจอของเครื่องรับโทรทัศน์ การเกิดไฟฟ้าดูดเมื่อเราจับโลหะบางประเภท เช่นลูกบิดประตู ขนของสัตว์เลี้ยง หรือแม้แต่วัสดุอื่น นอกจากนี้ยังอาจจะเห็นได้จากการที่พลาสติกสำหรับห่อของยังถูกแรงดูดติดอยู่กับวัสดุที่มันห่อหุ้มอยู่



รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์ถ่ายเทประจุเนื่องจากการเสียดสีหรือ Triboelectric (Tribo หมายถึงการ "ถู")

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าสถิตเกิดได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ง่ายคือเมื่อมีการสัมผัสแล้วแยกจากกันหรือถูกันระหว่างวัสดุสองชนิด (เรียกว่าเกิดปรากฏการณ์ Triboelectric – ดูรูปที่ 2.1) ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุจากที่วัสดุทั้งสองเป็นกลางทางไฟฟ้า (คือมีประมาณประจุบวกและลบเท่ากัน) ไปเป็นว่าวัสดุทั้งสองนั้น ชิ้นหนึ่งมีประจุบวกมากกว่า หรืออีกชิ้นหนึ่งมีประจุลบมากกว่า ทั้งนี้ การที่วัสดุใดจะมีประจุชนิดใดมากกว่าภายหลังจากการเสียดสีกันนั้นขึ้นกับชนิดของวัสดุทั้งสอง

รูปที่ 2.2 Triboelectric Series แสดงความจะเป็นศักย์บวกหรือลบหลังการถ่ายเทประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงศักย์ไฟฟ้า (อำนาจประจุ) ของวัสดุต่างๆภายหลังจากการเสียดสีกัน เช่น เมื่อเรานำแท่งแก้วถูกับผ้า PVC หรือไวนิล จะทำให้แท่งแก้วแสดงอำนาจเป็นประจุบวกเนื่องจากเสียอิเล็กตรอนไป และผ้า PVC หรือไวนิลแสดงอำนาจเป็นประจุลบเพราะมีอิเล็กตรอนส่วนเกินเพิ่มมา (นั่นคือแท่งแก้วเสียอิเล็กตรอนให้กับผ้าไวนิล)ยิ่งนำวัสดุสองชนิดที่อยู่ห่างกันมากในตารางมาถูกัน ยิ่งทำให้ความน่าจะเป็นในการถ่ายเทประจุให้แก่กันรุนแรงมากกว่าการนำวัสดุที่ใกล้กันในตารางมาถูกัน ประจุที่เกิดขึ้นนี้จะไม่ไปไหน (คือไม่เคลื่อนที่ไปไหน หากไม่มี "ทาง" ให้มันวิ่งไป) ดังนั้นเราจึงเรียกประจุเหล่านี้ว่าเป็นประจุสถิต หรือไฟฟ้าสถิต (Electrostatic - คืออยู่เฉยๆ)

ปริมาณหรือความรุนแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเสียดสีนี้อาจสูงมาก ขึ้นอยู่กับสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของวัสดุทั้งสอง (ดูรูปที่ 2.2)

2. ความรุนแรง, ระยะเวลาในการสัมผัส

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (ยิ่งมีค่าต่ำ ยิ่งเกิดการถ่ายเทประจุมาก,สะสมประจุได้ง่าย)

4. ลักษณะพื้นผิวของวัสดุทั้งสอง (เรียบ, ขรุขระ)

เมื่อเกิดประจุขึ้นบนวัสดุ (เนื่องจากความไม่สมดุลของอิเล็กตรอนและโฮล) แล้ว จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นบนพื้นผิวของวัสดุนั้นด้วย ศักย์ไฟฟ้าจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับจำนวนประจุ (Charge - Q) และค่าความจุ (Capacitance - C) ของวัสดุนั้น ตามสมการ

$$V = \frac{Q}{C} \tag{2.1}$$

เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้าบนผิวของวัสดุ

Q คือ จำนวนประจุ

C คือ ค่าความจุของวัสดุ

จากสมการจะเห็นว่า หากเกิดประจุขึ้นในจำนวนไม่มากนัก แต่วัสดุที่สะสมประจุนั้นมีค่าความจุไฟฟ้าต่ำมาก ก็จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าขนาดสูงมากขึ้นได้ ทั้งนี้บางครั้งการเสียดสีอย่างง่ายๆ เช่นการเดินบนพื้นปูพรมในห้องที่อากาศแห้ง (10 - 20%) สามารถสร้างศักย์ไฟฟ้าได้สูงถึง 35,000 โวลท์ ดูตารางที่2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงศักย์ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นโดยทั่วไป

กิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิต	ศักย์ไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้น (โวลท์)	
	ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 10-20%	ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 65-90%
การเดินบนพื้นปูพรม	35,000	1,500
การเดินบนพื้นที่ปูด้วยไวนิล	12,000	250
การนั่งทำงานอยู่บนโต๊ะ	6,000	100
การนำกระดาษเข้าออกซองไวนิล	7,000	600
การหยิบซองพลาสติก PVC ขึ้นจากโต๊ะ	20,000	1,200

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเพียงการเดินบนพื้นที่ปูพรมในห้องที่แห้ง (คือมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ) ก็สามารถสร้างศักย์ไฟฟ้าขึ้นได้มากกว่า 30,000 โวลท์แล้ว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วศักย์ไฟฟ้าขนาดนี้เพียง 1 โวลท์ก็สามารถทำลายชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็น Class 1 ESD Sensitive ได้แล้ว

จากตารางยังเห็นอีกว่า เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะต่ำลงด้วย ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นจะทำให้พื้นผิวของวัสดุต่างๆสามารถเก็บประจุได้ในเวลาเพียงสั้นๆ เพราะเกิดการรวมตัว (Recombination) ระหว่างประจุบวกและลบและเกิดการนำประจุ (Conduction) ง่ายขึ้น ทำให้ประจุลดลง (ในขณะที่ความจุไฟฟ้าของชิ้นวัสดุยังคงเท่าเดิม จึงเกิดศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่าเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถทำให้สภาวะแวดล้อมที่ทำงาน (เช่นห้องที่เราทำงาน) มีความชื้นสัมพัทธ์สูงๆ (เพื่อให้เกิดศักย์ หรือเกิดการสะสมประจุน้อย) ได้ เนื่องจากจะทำให้เกิดการกัดกร่อน, เกิดสนิม, มีโอกาสสูงขึ้นในการเกิดการกลั่นตัวของหยดน้ำ ซึ่งจะทำอันตรายโดยตรงกับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 หลักการเบื้องต้นเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุ

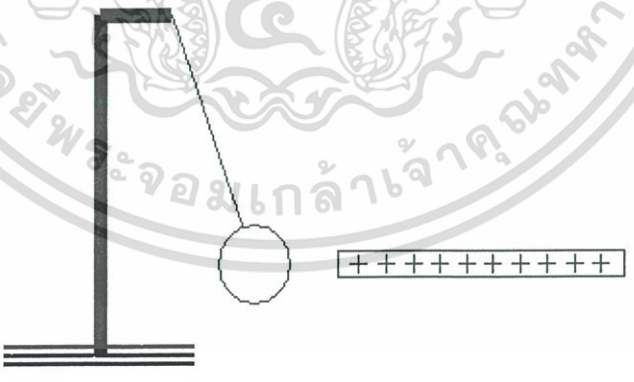
2.1.2.1 ประจุไฟฟ้าในสสาร

ส่วนที่เล็กที่สุดของธาตุแท้ก็คือ อะตอม ในอะตอมประกอบไปด้วยอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบๆ นิวเคลียส และอะตอมในสภาวะปกติจะเป็นกลางทางไฟฟ้า นิวเคลียสเองจะเป็นแสดงอำนาจบวก เนื่องจากภายในนิวเคลียสประกอบด้วยนิวตรอน (เป็นกลางทางไฟฟ้า คือไม่แสดงอำนาจประจุไฟฟ้า) และโปรตอน (แสดงอำนาจบวก) ซึ่งจำนวนของโปรตอนภายในนิวเคลียสจะเท่ากับจำนวนของอิเล็กตรอนที่วิ่งล้อมรอบนิวเคลียสอยู่ ดังนั้นจึงทำให้ประจุไฟฟ้ารวมของทั้งอะตอมเป็นศูนย์

อิเล็กตรอนแต่ละตัวจะมีประจุภายในตัวเอง คือ 1.6 x 10-19 คูลอมบ์ (Coulomb) ซึ่งเท่ากับประจุของโปรตอน

เมื่อใดก็ตามที่อะตอมของธาตุมีจำนวนของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปจากสภาวะสมดุลตามธรรมชาติของมัน จะทำให้อะตอมนั้นแสดงอำนาจทางไฟฟ้าออกมา ถ้าอะตอมของธาตุเสียอิเล็กตรอนไป อะตอมนั้นจะแสดงประจุไฟฟ้าเป็นบวก ในทางตรงกันข้าม หากอะตอมของธาตุได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มมากเกินกว่าในสภาวะสมดุล อะตอมนั้นจะแสดงประจุลบ

อะตอมของธาตุที่ไม่เป็นกลาง (คือแสดงอำนาจเป็นประจุบวกและลบ) นี้จะมีปฏิกิริยาต่อกัน กล่าวคือ ประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน และประจุที่ต่างกันจะดูดกัน ด้วยแรงกระทำต่อกันที่สามารถคำนวณได้ เราสามารถทดลองให้เห็นแรงที่กระทำต่อกันเนื่องมาจากประจุไฟฟ้าสถิตได้ด้วยการใช้ Electroscope ดูรูปที่ 2 .3



รูปที่ 2.3 รูปแบบหนึ่งของ Electroscope

เมื่อเราเคลื่อนแท่งวัตถุที่มีประจุไม่เป็นกลาง (เช่นประจุบวก) เข้าใกล้ลูกบอลทรงกลม (ซึ่งเป็นกลาง) จะเห็นว่าลูกบอลถูกดูดเข้าหาแท่งวัตถุ จากนั้นสักระยะหนึ่ง ลูกบอลจะถูกผลักออกจากแท่งวัตถุเมื่อลูกบอลมีประจุเหมือนกันกับแท่งวัตถุ

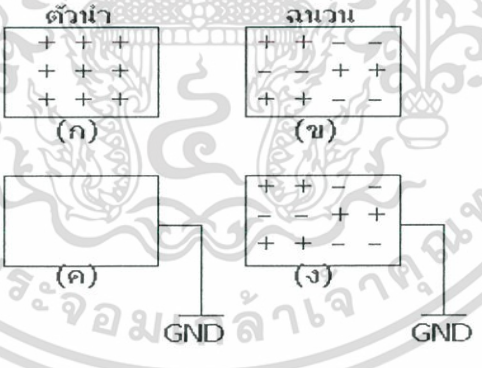
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 ความนำไฟฟ้าของวัสดุและคุณสมบัติด้านไฟฟ้าสถิต

วัสดุหรือวัตถุที่อยู่ในชีวิตประจำวันสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทใหญ่ๆตามความสามารถในการนำไฟฟ้าคือ ตัวนำและฉนวน จริงๆแล้วมีการเข้าใจผิดอยู่มากในเรื่องของคุณสมบัติทางไฟฟ้าสถิตของวัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าเช่นโลหะ ว่าไม่สามารถสร้างประจุและเก็บประจุไว้ได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว โลหะก็สามารถสร้างประจุได้ (ย้อนกลับไปดูตารางที่ 2.2 Triboelectric Series) นอกจากนั้นแล้ว โลหะที่ไม่ได้ถูกต่อลงดินก็สามารถเก็บประจุไว้ได้เช่นเดียวกับวัสดุที่เป็นฉนวน

1. ตัวนำไฟฟ้า (Conductor)

วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้าจะมีความนำไฟฟ้าจำเพาะ 105 mho/cm. หรือมากกว่า คุณสมบัติที่สำคัญทางด้านไฟฟ้าสถิตของตัวนำไฟฟ้า (เช่นโลหะ) คือประจุสามารถเดินทางได้เร็วบนพื้นผิวของมัน ทำให้ประจุบวกและประจุลบ รวมตัวกันได้ง่ายและรวดเร็ว ซึ่งคุณสมบัตินี้จะทำให้ประจุบนตัวนำที่ไม่ได้ถูกต่อลงดินมีเพียงชนิดเดียว คือบวกหรือลบเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะส่วนน้อยที่เหลืออยู่จะถูกรวมหายไป (ดูรูปที่ 2.4 ก) กระจายอยู่ตลอดผิวของโลหะนั้น (เมื่อไม่มีสนามไฟฟ้าอื่นใดภายนอกมาเกี่ยวข้อง ดูหัวข้อ 2.4) ซึ่งจะทำให้วัตถุตัวนำมีศักย์ไฟฟ้าเท่ากันตลอดทั้งชิ้นสาร และเมื่อเราต่อโลหะลงกราวด์จะทำให้ประจุทั้งหมดสามารถไหลถ่ายเทลงกราวด์ (ซึ่งมักจะถูกต่อลงพื้นดินจริงอีกทีหนึ่ง) ได้ และทำให้แผ่นโลหะทั้งแผ่นนั้นเป็นกลาง



รูปที่ 2.4 แสดงประจุที่อยู่บนตัวนำและฉนวน

จากรูปที่ 2.4 (รูป ก.) ประจุไฟฟ้าบนตัวนำจะ Recombine กันจนมีประจุเดียว (รูป ข.) ประจุบนฉนวนอาจจะต่างกันได้ในแต่ละตำแหน่ง (รูป ค.) เมื่อต่อตัวนำลงดิน ประจุทั้งหมดจะไหลลงดินจนเป็นกลาง (รูป ง.) แต่ประจุบนฉนวนจะยังคงอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฉนวน (Insulator)

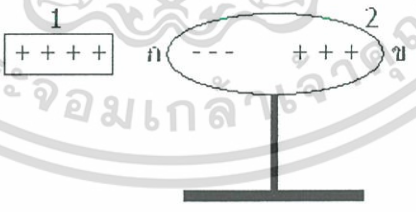
ตรงกันข้ามกับตัวนำไฟฟ้า ประจุจะเดินทางได้ยากบนวัสดุที่เป็นฉนวน ทำให้การรวมตัวระหว่างกันเกิดได้ยากและ/หรือเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ผลที่เกิดขึ้นจากคุณสมบัตินี้คือ บางตำแหน่งของแท่งวัตถุที่เป็นฉนวนอาจจะเป็นบวกในขณะที่บางตำแหน่งของฉนวนจะมีประจุลบ (ดูรูปที่ 2.3 ข) นอกจากนี้แล้ว เรายังไม่สามารถถ่ายประจุจากวัตถุประเภทฉนวนลงดินได้ด้วยวิธีการต่อสายดิน (ดูรูปที่ 2.3 ง) เนื่องจากประจุไฟฟ้าเดินทางได้ยากบนฉนวนนั่นเอง ทั้งนี้ เมื่อต่อสายดินเข้ากับแท่งฉนวนที่ไม่เป็นกลาง ฉนวนนั้นก็ยังคงแสดงอำนาจประจุไฟฟ้าเหมือนเดิมอยู่

2.1.2.3 วัสดุในงานเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต

มีวัสดุบางประเภทที่ถึงแม้ว่าเสียดสีกันก็จะเกิดการถ่ายเทประจุน้อยมาก เราเรียกวัสดุเหล่านี้ว่า Low Charging Material หรือ Antistatic วัสดุเหล่านี้สามารถเป็นได้ทั้งตัวนำ (Conductive มีความต้านทานจำเพาะ $< 10^4$ Ohms.cm), ตัวกระจาย (Dissipative มีความต้านทานจำเพาะระหว่าง 10^4 และ 10^{11} Ohms.cm), หรือแม้แต่ฉนวน (Insulator มีความต้านทานจำเพาะสูงกว่า 10^{11} Ohms.cm) อย่างไรก็ตาม เราจะเลือกเฉพาะวัสดุที่เป็นตัวนำ หรือ Dissipative เท่านั้นมาใช้งานในบริเวณที่ต้องการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิต (ESD Protected Area)

2.1.2.4 การเหนี่ยวนำ

ถ้าเราวางตัวนำไฟฟ้า (Conductor) ไว้ในสนามไฟฟ้า จะเกิดการแยกตัวกันของประจุไฟฟ้าบนตัวนำนั้น ดูรูปที่ 2.4 ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของประจุบวกที่วิ่งตามทิศทางของสนามไฟฟ้า, และประจุลบที่วิ่งสวนกับทิศทางของสนามไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 การเกิดการเหนี่ยวนำอย่างง่าย จะเห็นว่าเกิดการแยกตัวของประจุเนื่องจากผลของสนามไฟฟ้า

ในรูปที่ 2.5 สมมติว่าวัตถุทรงรี(2) ในรูปเป็นโลหะที่เป็นกลางทางไฟฟ้าถูกวางอยู่บนแท่นที่เป็นฉนวน (เพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายเทประจุลงดินหรือหนีหายไปทางใด) และมีวัตถุรูปสี่เหลี่ยม(1) อีกชิ้นหนึ่งที่มีประจุบวกอยู่นำมาเข้าใกล้กับวัตถุรูปทรงรี ประจุบนวัตถุทรงรีจะแบ่งแยกออกเป็นสองส่วน โดยที่ประจุลบจะเดินทางมาอยู่ด้านใกล้กับวัตถุรูปสี่เหลี่ยม (ด้าน ก.) ในขณะเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุบวกบนวัตถุรูปทรงรีจะเดินทางไปอยู่ในบริเวณตรงกันข้าม (ด้าน ข.) จากสิ่งที่เกิดขึ้นในรูปที่ 4 หากเราต่อด้านขวามือ (ด้าน ข.) ของวัตถุรูปทรงรีลงดิน จะเกิดการถ่ายประจุบวก (ที่อยู่ทางด้านที่ต่อลงดินนั้น) ลงดินหายไป เหลือแต่ประจุลบทางด้านใกล้กับวัตถุทรงสี่เหลี่ยม(1) จะยังคงอยู่บริเวณนั้นไม่ได้หายไปไหนเนื่องจากถูกประจุบวกบนวัตถุรูปสี่เหลี่ยมดึงดูดเอาไว้ หลังจากนั้น เมื่อเราปลดสายดินออก จะเหลือแต่เพียงประจุลบกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นผิวของวัตถุทรงรี

2.1.2.5 ความจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการถ่ายเทประจุ

1. ความจุไฟฟ้า

ความจุไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิด

1.1 ความจุไฟฟ้าของวัตถุเดี่ยว (Self-Capacitance) วัตถุทุกชนิดสามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ได้ในตัวเอง ความสามารถนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและรูปร่างของวัตถุนั้น และเมื่อวัตถุใดๆมีประจุ (ที่ไม่สมดุล) บนตัวมัน จะเกิดศักย์ไฟฟ้าบนวัตถุนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างประจุ, ศักย์ไฟฟ้า, และศักย์ที่เกิดขึ้นบนวัตถุสามารถหาได้ตามสมการที่ 2.2 ข้างล่าง

$$V = \frac{Q}{C} \tag{2.2}$$

เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้าบนผิวของวัสดุ(Volt)

Q คือ จำนวนประจุ(Coulomb)

C คือ ค่าความจุของวัสดุ(Farad)

ซึ่งสมการนี้มีความสำคัญต่อการทำงานกับ ESD มากดังจะได้กล่าวถึงต่อไป และเมื่อมีประจุบนวัตถุแล้ว ประจุนั้นจะเหมือนพลังงานส่วนเหลือที่เก็บอยู่ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$E = \frac{1}{2}\left(\frac{C}{V^2}\right) \tag{2.3}$$

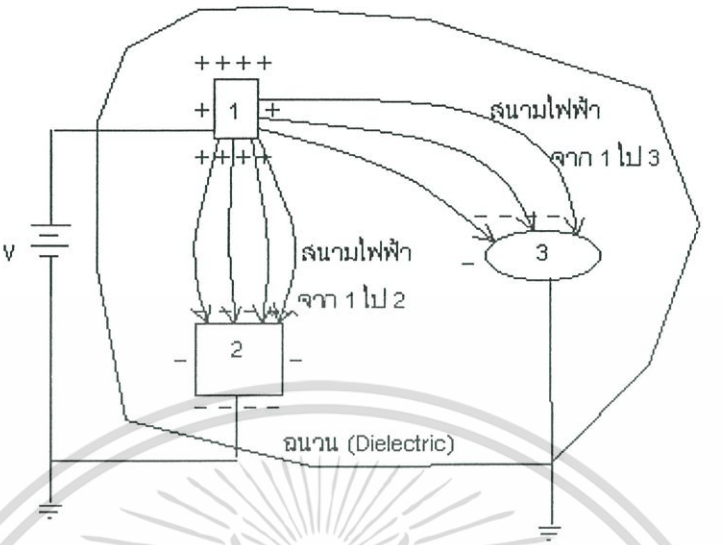
เมื่อ E คือ พลังงานส่วนเหลือที่เก็บอยู่(Joules)

C คือ ค่าความจุของวัสดุ(Farad)

V คือ ศักย์ไฟฟ้าบนผิวของวัสดุ(Volt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความจุไฟฟ้าระหว่างวัตถุ (Mutual Capacitance)



รูปที่ 2.6 การเกิด Mutual Capacitance ระหว่างตัวนำ

เมื่อมีวงจรไฟฟ้า (หรือวงจรเสมือนของวัตถุจริง) ดังในรูป จะเกิดประจุขึ้นบนตัวนำ 1, 2, และ 3 ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Q_i = C_{i1}V_1 + C_{i2}V_2 + C_{i3}V_3 + \ldots + C_{in}V_n \qquad (2.4)$$

เมื่อ Q_i คือประจุไฟฟ้าบนวัตถุ i

$C_{in}=C_{ni}$ (เมื่อ $i \neq n$) คือ Mutual capacitance ระหว่างวัตถุ i และ n

C_{ii} คือ Self-capacitance ของวัตถุ i

V_i คือ ศักย์ไฟฟ้าบนวัตถุ i

Mutual Capacitance หาได้จาก Q_i/V_n เมื่อให้ศักย์ไฟฟ้าบนตัวนำอื่นๆนอกจาก n เป็นศูนย์โวลท์ เนื่องจากประจุที่ถูกเหนี่ยวนำให้เกิดขึ้นมีเครื่องหมายเป็นตรงกันข้าม (กับประจุที่เป็นตัวเริ่มเหนี่ยวนำ) สัมประสิทธิ์ของ Mutual Capacitance ทั้งหมดจะเป็น Negative (คือติดลบ) ในขณะที่ Self-Capacitance เป็นบวก

จะเห็นว่าเราสามารถคำนวณศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนวัตถุต่างๆได้ ตัวอย่าง เราสามารถหาประจุบนตัวนำ 1 ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_1 = C_{11}V_1 - C_{12}V_2 - C_{13}V_3 \quad (2.5)$$

เมื่อ Q_i คือประจุไฟฟ้าบนวัตถุ

C_{ii} คือ Self-Capacitance ของวัตถุ

V_i คือ ศักย์ไฟฟ้าบนวัตถุi

2. กระแสไฟฟ้าเนื่องจากการถ่ายเทประจุ

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าการที่เราต่อสายดินจากด้าน ข. ของวัตถุทรงรีลงดิน เมื่อมีสนามไฟฟ้ากระทำกับวัตถุทรงรีนั้น จะเกิดการถ่ายเทของประจุเกิดขึ้น (ประจุบวกจากด้าน ข ไหลลงดิน) ทั้งที่ยังไม่ได้มีการสัมผัสระหว่างวัตถุทรงเหลี่ยม 1 และวัตถุทรงรี 2 เลย

จากสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ จะเห็นสิ่งที่เราควรระวัง ทั้งนี้หากวัตถุที่มีประจุมีการเคลื่อนไหว (คือระยะระหว่างกันเปลี่ยนไป) ก็คือมีความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนไปมา จะทำให้เกิดการถ่ายเทของประจุไปมา นอกจากนี้ หากวัตถุต่างๆหลายๆชิ้นมาอยู่ใกล้กัน การถ่ายเทและโยกย้ายประจุไปมาจะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันได้ ซึ่งจะเหมือนกับการที่กระแสสามารถไหลผ่านตัวเก็บประจุได้หากมีการเปลี่ยนแปลงของศักดา (คือกระแสไหลได้หากศักดาไม่คงที่ - ตัวเก็บประจุสามารถผ่านกระแส AC ได้) ในทางตรงกันข้าม หากการถ่ายเทประจุถึงจุดสมดุล และไม่มีศักดาไฟฟ้าภายนอกเปลี่ยนแปลงอีกแล้ว ก็จะไม่มีกระแสไหล (เปรียบเหมือนกระแสเป็นศูนย์เมื่อศักดาคงที่ - ตัวเก็บประจุเปิดวงจรเมื่อศักดาไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง)

2.1.3 ESD/EOS และความเสียหายที่เกิดขึ้น

ESD (Electrostatic Discharge) เป็นสิ่งที่สามารถทำลายส่วนประกอบของวงจรไฟฟ้าเล็กๆ สิ่งที่เกิดขึ้นก็คือจะเกิดปัญหาในด้านความแน่นอนในการทำงานของอุปกรณ์โดยรวม (Reliability Problem) ซึ่ง ESD นี้จะเกิดขึ้นได้ที่หลายขั้นตอนในการผลิตเช่นประกอบ, การจับถือ, การใช้งานในภาคสนาม เป็นต้น

ESD เกิดขึ้นจากการสะสมประจุบนพื้นผิวของชิ้นงาน ประจุที่เกิดขึ้นนี้อาจจะเกิดจากกระบวนการเสียดสีระหว่างวัสดุ (Triboelectric Effect - ดูหัวข้อ การเกิดไฟฟ้าสถิต) เมื่อเกิดการสะสมของประจุ สิ่งที่ตามมาคือพื้นผิวทั้งสองจะมีศักย์ไฟฟ้าที่ต่างกัน และหากพื้นผิวสองชนิดมาสัมผัสกันจะเกิดการถ่ายเทของประจุ (คืออิเล็กตรอน) ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลเป็นปริมาณ

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลาสั้นๆ แต่หากพิจารณาสมการให้ดีแล้ว ยิ่งการถ่ายเทประจุใช้เวลาสั้นเท่าใด ปริมาณกระแสที่เกิดขึ้นก็สูงเท่านั้น (แต่ในระยะเวลาอันสั้น) บางครั้งการถ่ายเทประจุนี้จะทำให้เกิดการกระโดดของกระแสไฟ (เรียกว่า Spark) ด้วย การถ่ายเทประจุจะเกิดขึ้นจนกระทั่งเกิดการสมดุลประจุ (คือศักย์ไฟฟ้าของพื้นผิวทั้งสองมีค่าเท่ากัน นั่นคือพื้นผิวทั้งสองมีประจุเท่ากัน อาจเป็นกลาง, เป็นบวกทั้งคู่, หรือเป็นนลบทั้งคู่ก็ได้)

ความเสียหายเนื่องจาก ESD อาจจะไม่ได้เกิดขึ้นแล้วเห็นผลในทันที แต่เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วแฝงอยู่ในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ความเสียหายแฝงนี้จะทำให้อุปกรณ์นั้นยังคงทำงานได้ตามปกติเมื่ออยู่ที่โรงงานของผู้ผลิตแต่จะเกิดความบกพร่องหลังจากนั้นเมื่อส่งถึงมือผู้ใช้ปลายทาง (End-users) และใช้งานไปสักระยะหนึ่ง จริงๆแล้ว ผู้ผลิตสามารถพยายามเลือกชนิดของอุปกรณ์ (Element) เพื่อให้วงจรที่สร้างขึ้นสามารถทนต่อ ESD ได้ ดูตารางที่ 2.2 ซึ่งแสดงความสามารถในการทนทานต่อESD ของอุปกรณ์ต่างๆ กัน

ตารางที่ 2.2 ศักดาที่สามารถทำลายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆได้

ชนิดของ Device	ESD Threshold Voltage (V)
V-MOS	30 - 1200
MOSFET, EPROM, GaAs FET	10 - 300
JFET	150 - 7000
OPAMP	190 - 2500
Schottky Diodes	30 - 2500
Film Resistors	300 - 3000
SAW	150 - 500
Schottky TTL	1000 – 2500
CMOS	150 - 3000
256K DRAM	200 - 3000
Bipolar transistors	300 - 7000
ECL	500 - 2000

2.2.3.1 ESD และ EOS ทำลายชิ้นส่วนอุปกรณ์ของวงจรได้อย่างไร

ปัจจุบันนี้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเล็กๆประกอบไปด้วยชั้นออกไซด์บางๆ (Thin Oxide Layer) จำนวนมาก และนับวันยิ่งจะบางลงเรื่อยๆ ชั้นของออกไซด์เหล่านี้สามารถเสียหายได้ง่าย (เกิด Breakdown คือเสียสภาพการเป็นฉนวน) เมื่อมันบางลง, ชั้นของโลหะบางๆที่ทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เชื่อมต่อวงจรเข้าด้วยกันอาจจะละลายและเปิดวงจร (ขาดออกจากกันทางไฟฟ้า) เหมือนกับเป็นฟิวส์เนื่องจากกระแสจำนวนมากไหลผ่านและเกิดความร้อน (I^2R loss) ขึ้น, P-N Junction อาจจะเสียหายเนื่องจากปรากฏการณ์ "Current Crowding" คือเมื่อมีกระแสไหลผ่านรอยต่อและเกิดความเข้มของกระแส (Current Density) สูงมาก, และ ESD อาจทำให้เกิด Electrical Over Stress (EOS) และละลายชั้นของโลหะในอุปกรณ์ได้

2.2.3.2 ลักษณะบ่งชี้ของความเสียหายอันเนื่องมาจาก EOS

EOS คือความเสียหายเนื่องจากอุปกรณ์ได้รับศักดาหรือกระแสมากกว่าที่มันสามารถทนได้และอุปกรณ์ได้รับศักดาหรือกระแสนั้นไหลผ่านอยู่เป็นเวลานาน (มากกว่า 50 uS) โดยทั่วไปแล้วเราสามารถเห็นร่องรอยของความเสียหายอันเนื่องมาจาก EOS ได้ใต้กล้องจุลทรรศน์อัตราขยายต่ำ ลักษณะที่เราเห็นหลังจากที่เกิดความเสียหายเนื่องจาก EOS คือ

ก) โดยทั่วไปสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อัตราขยายต่ำ

ข) อาจจะเห็น Bond Wire หรือเส้นลายโลหะเกิดการหลอมละลาย

ค) อาจเห็นพลาสติกหรือผิวหน้าของ Die มีรอยไหม้ (Burnt) หรือเมื่อ Decapsule แล้วก็ยังคงเห็น Compound เหลือติดอยู่ที่ด้านหน้าของ Die โดยไม่ยอมหลุดร่อนออกง่ายๆ

ง) เกิดการเปลี่ยนสี (Discoloration) ของบริเวณที่ไหม้หรือบริเวณที่เสียหาย (ซึ่งจะไม่เป็นกับ ESD)

2.2.3.3 ลักษณะบ่งชี้ของความเสียหายอันเนื่องมาจาก ESD

ความเสียหายจาก ESD เกิดเนื่องจากการถ่ายเทประจุไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว (ซึ่งอาจจะมีการกระโดดของกระแสไฟ เรียกว่า Spark เกิดขึ้นด้วย) ระหว่างวัตถุที่มีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน (คือมีประจุต่างกัน) โดยทั่วไปเราสนใจ ESD สองประเภทคือ HBM (Human Body Model) และ CDM (Charge Device Model) อุปกรณ์ของเราจะเสียหายเนื่องจาก ESD เมื่อวัสดุที่เป็นฉนวน (โดยทั่วๆไปคือออกไซด์) ไม่สามารถทนต่อความต่างศักย์ ทำให้ตัวมันเกิดความเสียหายและหมดสภาพของความเป็นฉนวนและทำให้เกิดการนำกระแสระหว่าง Layer สองชั้นได้

ตัวอย่างความเสียหายอันเนื่องจาก ESD คือ

1) เกิดการ Breakdown ของฉนวนซึ่งโดยทั่วไปสร้างมาจากออกไซด์

2) Threshold Voltage ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์เริ่มทำงานหรือหยุดทำงาน (Gate Turn-Off or Turn-On V_T) เปลี่ยนแปลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
61196

3) คุณสมบัติด้านกระแส-ศักดา (I-V Characteristic) ของรอยต่อ P-N เลวลง

4) หากรุนแรง สามารถทำความเสียหายให้กับ Metal Line ได้ด้วย

ร่องรอยหรือลักษณะที่เราเห็นในอุปกรณ์หลังจากที่เกิดความเสียหายเนื่องจาก ESD คือ

ก) โดยทั่วไปจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Opticalmicroscope) กำลังต่ำ

ข) มักจะเกิดการเสียหายแบบ Breakdown ของออกไซด์ทั้งอย่างหนาและอย่างบาง (Thin/Thick Oxide) เป็น Pin Hole หรือความเสียหาย ที่บริเวณริมขอบของ Gate (HBM), หรือมี Pin Hole จำนวนหลายจุดที่บริเวณริมขอบของ Gate (CDM) เกิด Filamentation, Silicon Pitting

2.2.4 แบบจำลองการเกิด ESD ชนิดต่างๆ เพื่อการศึกษาและทดสอบความเสียหายจาก ESD

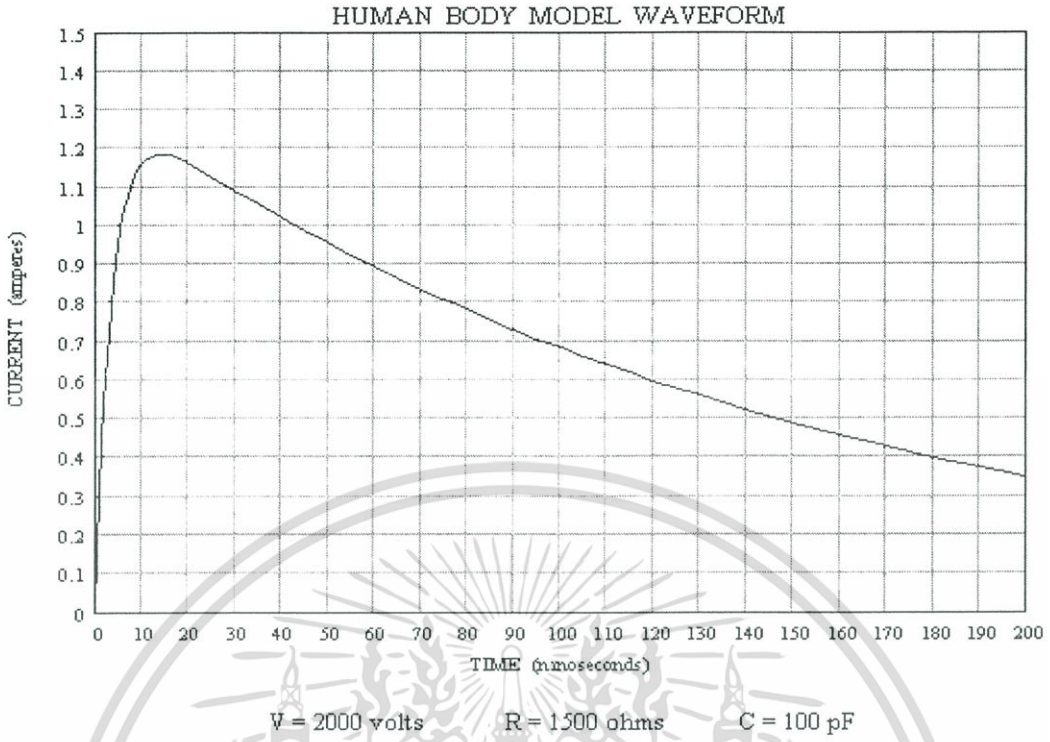
การศึกษาความเสียหายต่างๆเนื่องมาจาก ESD/EOS ทำให้เราจำเป็นต้องคิดแยกวิธีและแบบต่างๆ ที่ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุเข้าออกตัว Device (ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายติดตามมา) เราทราบว่าโดยทั่วไปแล้วเราจะสามารถจำลองแบบต่างๆที่ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุได้จำนวน 3 แบบ คือ Human Body Model (HBM), Charge Device Model (CDM), และ Machine Model (MM) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ได้รับการยอมรับเป็นวิธีมาตรฐานในการทดสอบความทนทานของ Device ต่อการถ่ายเทประจุ นอกจากนี้ ยังเป็นเครื่องมือที่ทำให้เราสร้างความเสียหายให้กับ Device (โดยตั้งใจ) เพื่อการศึกษาอีกด้วย

2.2.4.1 Human Body Model (HBM)

Model หรือแบบจำลองนี้ เป็นการพยายามเลียนแบบผลที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุจากผู้ปฏิบัติการสู่ Device ต้นเหตุของเหตุการณ์เกิดขึ้นเมื่อผู้ปฏิบัติงานเดินผ่านพื้นซึ่งอาจจะปูพรม ทำให้เกิดการสะสมประจุขึ้นบนตัวของผู้ปฏิบัติการ จากนั้นผู้ปฏิบัติงานนั้นอาจจะสัมผัสกับ Device ที่ไวต่อ ESD ทำให้เกิดการถ่ายประจุออกจากร่างกาย (และเสื้อผ้าเครื่องแต่งตัว) ของผู้ปฏิบัติงานสู่ Device และทำให้เกิดความเสียหาย

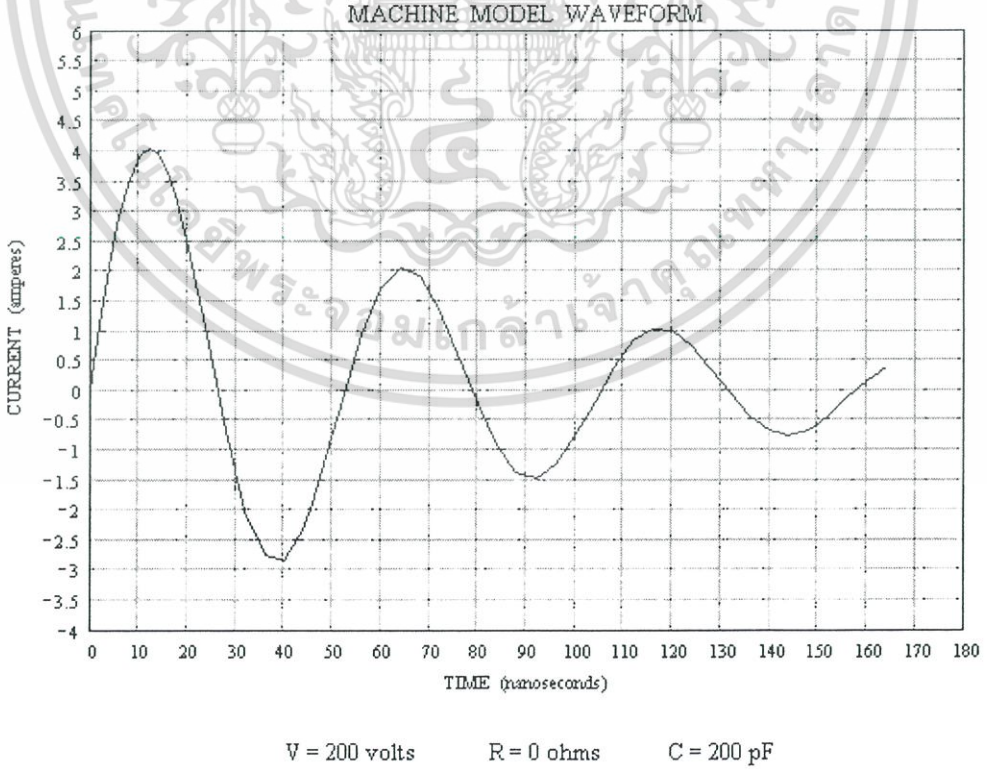
แบบจำลองนี้ จริงๆ แล้วมีมานานแล้วโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะใช้ทดสอบการเกิดประกายไฟและสาเหตุที่ทำให้เกิดการระเบิดของแก๊สในเหมืองแร่ คือต้องการจำลองการถ่ายเทประจุ (และกระแสไฟฟ้า) จากปลายเล็บมือของผู้ปฏิบัติการสู่วัตถุอื่น รูปที่ 2.6 แสดงกระแสไฟฟ้าที่ไหลในโมเดลแบบHBM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ลักษณะกระแสที่ไหลของ HBM

2.2.4.2 Machine Model (MM)



รูปที่ 2.8 ลักษณะกระแสที่ไหลของ MM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

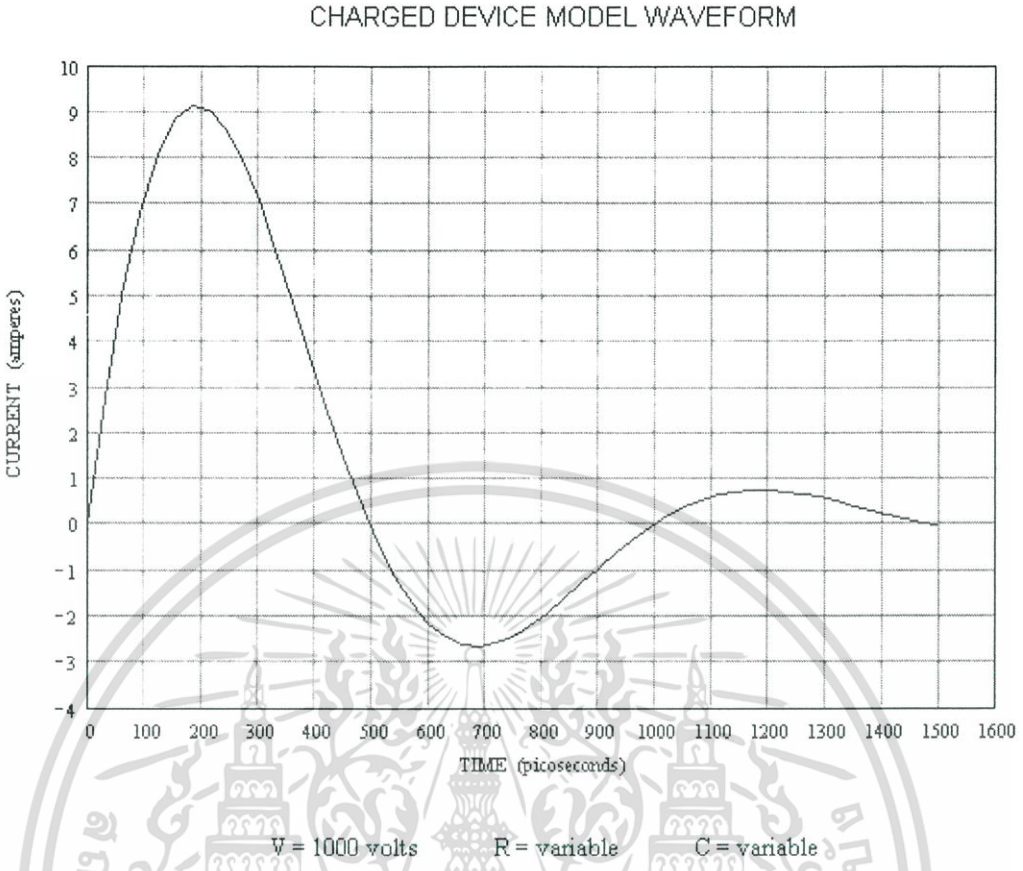
การถ่ายเทประจุที่คล้ายๆกับการถ่ายประจุจากตัวผู้ปฏิบัติการสู่ Device สามารถเกิดขึ้นได้จากเครื่องจักรด้วย (คือเกิดการถ่ายประจุจากเครื่องจักรสู่ Device) เราสามารถจำลองการเกิดปรากฏการณ์นี้ได้ด้วยวงจรที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุขนาด 200 pF ซึ่งจะคายประจุสู่ตัว Device โดยตรงโดยไม่ผ่านความต้านทานไฟฟ้าใดๆ แสดงวงจรทดสอบการคายประจุสำหรับ Machine Model

2.2.4.3 Charge Device Model (CDM)

บางครั้ง การถ่ายเทประจุที่ทำให้เกิดการเสียหายแก่อุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD อาจจะมาจากการถ่ายเทประจุ จาก ตัว Device ไปสู่วัตถุอื่นๆภายนอกก็ได้

ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเลื่อนตัว Device ตามรางขนถ่าย อาจจะทำให้เกิดการถ่ายเทประจุทำให้ตัว Device เองไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า จากนั้นตัว Device อาจจะสัมผัสกับวัตถุอื่นเช่น อุปกรณ์ที่ใช้จับให้เข้าที่ (Insertion Head) หรือตัวนำไฟฟ้าอย่างอื่น ก็อาจเกิดการถ่ายเทประจุอย่างรวดเร็วจาก Device ไปสู่วัตถุอื่นหรือโลหะนั้น การเกิดเหตุการณ์เช่นนี้เรียกว่า Charge Device Model และอาจจะรุนแรงสร้างความเสียหายได้มากกว่า HBM เพราะถึงแม้ว่าช่วงเวลาของการถ่ายเทประจุจะสั้นมาก (อาจจะสั้นเพียง 1 nS) แต่กระแสสูงสุดที่เกิดขึ้นอาจจะสูงได้หลายสิบแอมแปร์ ถ้าสังเกตให้ดีจะพบว่า การที่ Device ได้รับการถ่ายเทประจุและได้รับผลจากการถ่ายเทประจุจาก Model นี้ จะเกิดการถ่ายประจุจำนวนสองครั้ง โดยครั้งแรก เป็นการที่ตัว Device ได้รับการประจุเข้า (Charge) และครั้งที่สองเป็นการที่ตัว Device ถ่ายประจุออกจากตัวมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ลักษณะกระแสที่ไหลของ CDM

2.2.4.4 ประเภทของ Device ที่ไวต่อ ESD ชนิดต่างๆ

เมื่อเราทำการทดสอบ Device และทราบว่ามันสามารถทนต่อ ESD ได้เพียงใดแล้ว เราจะทำการแบ่งประเภทของมันซึ่งเรียกว่า Class ตามชนิดของการ Test ต่างๆ ตามตารางที่ 2.3,2.4 และ 2.5 ซึ่งแสดงความไวต่อ ESD ตามผลของการทดสอบแบบ HBM, MM, และ CDM ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Human Body Model

Class	Voltage Range
Class 0	<250 volts
Class 1A	250 volts to <500 volts
Class 1B	500 volts to < 1,000 volts
Class 1C	1000 volts to < 2,000 volts
Class 2	2000 volts to < 4,000 volts
Class 3A	4000 volts to < 8000 volts
Class 3B	>= 8000 volts

ตารางที่ 2.4 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Machine Model

Class	Voltage Range
Class M1	<100 volts
Class M2	100 volts to <200 volts
Class M3	200 volts to <400 volts
Class M4	> or = 400 volts

ตารางที่ 2.5 แสดงประเภทของ Device ตามความไวต่อ Charge Device Model

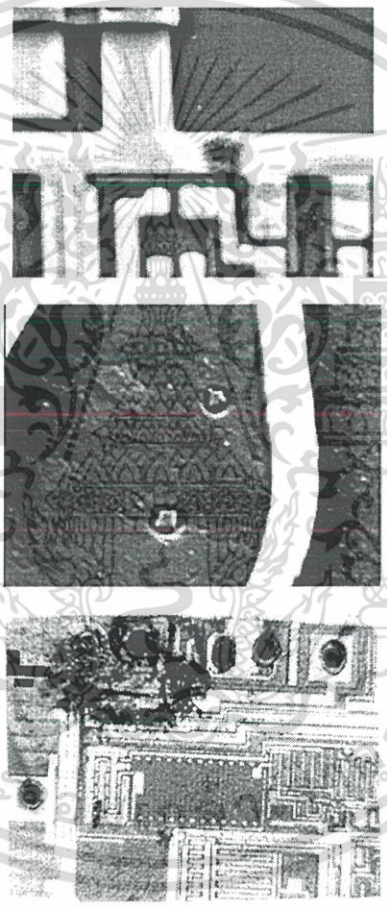
Class	Voltage Range
Class C1	<125 volts
Class C2	125 volts to <250 volts
Class C3	250 volts to <500 volts
Class C4	500 volts to <1,000 volts
Class C5	1,000 volts to <1,500 volts
Class C6	1,500 volts to <2,000 volts
Class C7	=>2,000 volts

2.2.5 วิธีการป้องกัน ESD/EOS

จากบทที่ผ่านมา จะเห็นว่าวัตถุต่างๆ (แม้แต่โลหะ) สามารถถูกทำให้ไม่เป็นกลางได้โดยกระบวนการถ่ายเทประจุแบบเสียดสี (Triboelectric Process) ได้ ความรุนแรงในการประจุขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุสองชนิด (หรือมากกว่า) ที่เสียดสีกัน, ความเร็วและความรุนแรงในการเสียดสีกัน,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้น และอีกหลายๆตัวแปร การถ่ายเทประจุหรือที่เรียกว่า Discharge สามารถทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ของเราทั้งแบบที่เสียเป็นการถาวรทันที (เรียก Catastrophic) และแบบที่เป็นความเสียหายแอบแฝงที่ทำให้อุปกรณ์มีอายุสั้นลงอย่างมาก (เรียกว่า Latent Failure) ได้ การเกิดการถ่ายเทประจุและความเสียหายขึ้นจะเกิดได้ทั้งในขั้นตอนของการผลิต, ประกอบ, ทดสอบ, ขนส่ง, และกระบวนการทุกอย่างที่เกี่ยวกับตัว Device ซึ่งการถ่ายเทประจุแล้วทำให้เสียหายนั้นเกิดได้ทั้งจากการถ่ายประจุ จาก ตัวอุปกรณ์ไปยังวัตถุภายนอก และการถ่ายประจุจากวัตถุภายนอก เข้าไปยังตัวอุปกรณ์ และอุปกรณ์ของเราแต่ละอย่างก็มีความสามารถในการทนทานต่อ ESD ไม่เท่ากัน



รูปที่ 2.10 แสดงความเสียหายที่เกิดจาก ESD, ESD, และ EOS ตามลำดับ

2.2.5.1 หลักการเบื้องต้นในการควบคุม ESD

การควบคุมปัญหาที่เกิดจากการถ่ายเทประจุหรือ ESD นั้นไม่ใช่เรื่องง่าย แต่สามารถแบ่งแยกออกจากกันได้เป็นกลุ่มได้จำนวน 4 สาขา มีสิ่งหนึ่งที่เราควรจำไว้คือ ไม่ว่าเราจะพยายามทำอะไรก็ตาม ประจุไฟฟ้าย่อมพยายามหาทางที่มันจะสามารถถ่ายเทไปยังวัตถุอื่นให้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การออกแบบเพื่อให้ทนทานต่อ ESD

เป็นสิ่งแรกที่สามารถทำได้ นั่นคือการออกแบบวงจรหรืออุปกรณ์ทั้งหมดของเราให้สามารถทนทานต่อ ESD ได้มากเท่าที่จำเป็น ตัวอย่างเช่นออกแบบวงจรป้องกันด้านขาเข้า (Input) ของวงจร

2) กำจัดและลดการกำเนิดประจุ

นอกจากการพยายามออกแบบและสร้างอุปกรณ์ของเราให้ทนทานต่อ ESD ตั้งแต่แรกเริ่มแล้ว สิ่งต่อไปที่จะต้องทำคือ พยายามลดหรือกำจัดการกำเนิดประจุและการสะสมประจุ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่ว่า หากไม่มีประจุแล้ว ก็ย่อมไม่มีการถ่ายเทประจุ

เราทำดังนี้ได้โดยการพยายามลดการเสียดสีและการแยกจากกันของวัสดุต่างชนิดกันภายในบริเวณที่ปฏิบัติงาน พยายามทำให้กระบวนการและวัสดุต่างๆอยู่ที่ศักย์ไฟฟ้าเดียวกันทั้งหมดซึ่งจะทำให้ไม่มีการถ่ายเทประจุเกิดขึ้น (เนื่องจากศักย์เท่ากัน หรือศักย์เป็นศูนย์เท่ากันทั้งหมด) ทำให้มีเส้นทางเดินของประจุลงไปยังดิน (Ground Paths) โดยอาจจะผ่านทาง Wrist Strap เป็นต้น

3) กระจายประจุออกและทำให้เป็นกลาง (Dissipate and Neutralize)

เนื่องจากในสภาพความเป็นจริง เราไม่สามารถกำจัดการกำเนิดประจุได้ทั้งหมด สิ่งต่อไปที่ต้องทำก็คือพยายามทำให้ประจุที่เกิดขึ้นแล้วถ่ายเทไปจากชิ้นงาน หรือชิ้นวัสดุที่อันอาจจะทำอันตรายต่ออุปกรณ์ของเราได้อย่างปลอดภัย การกราวด์วัสดุที่เป็นโลหะอย่างเหมาะสมและใช้วัสดุที่เป็น Dissipative เป็นวิธีที่ใช้กันได้ผลเป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่นผู้ปฏิบัติงานที่ มีประจุ อยู่จะถูกถ่ายประจุเหล่านั้นลงดิน ไปเมื่อเขาใส่ Wrist Strap หรือเมื่อเดินบนแผ่นปูพื้นป้องกัน ESD เมื่อสวมใส่รองเท้าสำหรับป้องกัน ESD ประจุจะวิ่งลงดินแทนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD และเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายจากการถ่ายเทประจุ จาก อุปกรณ์ของเรา (ที่ถูกประจุ) ลงดิน เราสามารถควบคุมอัตราการถ่ายเทประจุได้ด้วยการใช้วัสดุที่เป็น Electrostatic Dissipative

สำหรับวัสดุบางชนิดเช่นพลาสติกทั่วไปและฉนวนต่างๆ การต่อสายดินจะไม่สามารถนำพาประจุลงสู่ดินได้เนื่องจากไม่มีเส้นทางที่ไฟฟ้าสามารถไหลได้ วิธีที่จะทำให้วัสดุเหล่านี้เป็นกลางทำได้โดยการใช้ Air Ionizer เป่าโดยที่Air Ionizer จะให้กำเนิดประจุทั้งบวกและลบจำนวนมากที่จะรวมกับประจุ (ที่ไม่เป็นกลาง) บนวัสดุเพื่อทำให้ประจุเป็นกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปกป้องชิ้นส่วนและอุปกรณ์

สิ่งสุดท้ายคือพยายามป้องกันหรือแยกอุปกรณ์ของเราออกจากสภาพแวดล้อม ที่อาจมีการถ่ายเทประจุ วิธีแรกคือทำให้อุปกรณ์ของเรามีการลงดินที่จะกระจายประจุออกไปจากอุปกรณ์ของเรา วิธีที่สองคือการบรรจุอุปกรณ์ของเราไว้ในหีบห่อซึ่งทำจากวัสดุที่เหมาะสม วัสดุเหล่านี้จะมีการป้องกัน(Shield)อุปกรณ์ของเรา จากประจุและลดการกำเนิดประจุที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์เองภายในหีบห่อนั้น

2.2.5.2 ระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

สองสิ่งแรกที่สำคัญในการออกแบบป้องกันชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD คือ

1) ระบุชิ้นงานที่ไวต่อ ESD

2) พิจารณาบริเวณทำงานและกระบวนการทั้งหมดเพื่อกำหนดพื้นที่ที่ต้องให้การป้องกัน

พื้นที่ที่มักจะเป็นบริเวณที่ต้องป้องกันอาจจะมีมากกว่าที่เราเคยคิดไว้ คือเป็นพื้นที่ทั้งหมดที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD ต้องเดินทางผ่าน โดยอาจเริ่มตั้งแต่การรับงานจนกระทั่งส่งงานออกนอกโรงงาน ตามปกติแล้วพื้นที่ที่จำเป็นต้องให้การป้องกันต่อESDแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 พื้นที่ทั่วไปที่ต้องมีมาตรการป้องกัน ESD

บริเวณที่ต้องทำการป้องกัน ESD
บริเวณรับงาน (Receiving)
บริเวณที่แกะหีบห่อและทำการตรวจรับชิ้นงาน (Inspection)
พื้นที่เก็บวัตถุดิบและสินค้า (Store and Warehouse)
ส่วนทำการประกอบชิ้นส่วน (Assembly Area)
บริเวณทดสอบและตรวจสอบ (Test and Inspection)
ส่วนทำการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)
บริเวณบรรจุหีบห่อ (Packaging)
ส่วนซ่อมนอกสถานที่ (Field Service and Repair)
สำนักงานและห้องทดลอง (Offices and Laboratories)
Clean Room

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5.3 พนักงานและเครื่องมือเครื่องใช้

1. พนักงานและเครื่องมือที่มีการเคลื่อนที่

ในหลายๆพื้นที่ทำงาน พนักงานเองเป็นต้นเหตุสำคัญที่กำเนิดไฟฟ้าสถิต เพราะเพียงการเดินบนพื้นที่ไม่เหมาะสมก็สามารถสร้างประจุไฟฟ้าบนตัวของพนักงานนั้นเองได้ และหากไม่มีการควบคุมที่เหมาะสม ก็จะเกิดการถ่ายประจุจากตัวพนักงานนั้นลงสู่ชิ้นงานและเกิดความเสียหายได้ทันที (เป็น HBM) แม้แต่ในพื้นที่ที่มีการใช้เครื่องมือทำงานเช่นใน Assembly และ Test ก็ยังคงต้องใช้พนักงานในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง นอกจากนี้การนำงานใส่ในรถเข็นก็อาจกำเนิดประจุไฟฟ้าและเกิดการถ่ายประจุไปสู่ชิ้นงานที่อยู่บนรถเข็นนั้นได้

2.สายรัดข้อมือ (Wrist Straps)

โดยทั่วไปเราสามารถควบคุมประจุ (ที่ไม่เป็นกลาง) บนร่างกายและเครื่องแต่งกายของพนักงานได้โดยการใช้สายรัดข้อมือหรือ Wrist strap ซึ่งจะมีสายไฟเพื่อต่อเชื่อมลงดินอีกครั้งหนึ่ง ผลที่ได้คือทำให้ศักย์ไฟฟ้าของร่างกายพนักงานนั้นมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ (คือระดับศักย์ของดิน) ที่สุดซึ่งทำให้ไม่มีความต่างศักย์ระหว่างตัวพนักงานกับชิ้นส่วนอุปกรณ์รวมถึงเครื่องมือต่างๆที่ใช้ทำงาน ดังนั้นจึงไม่มีการถ่ายเทประจุระหว่างกัน (เพราะศักย์เท่ากัน) นอกจากนั้นจะทำให้ประจุเกิดการถ่ายเทจากตัวพนักงานลงสู่ดินและไม่ทำให้เกิดการสะสมของประจุ บนสายรัดข้อมือด้านที่จะต่อกับสายไฟเพื่อลงสู่ดินนั้นมักจะมีความต้านทานขนาด 1 M ขนาด 1/4 วัตต์ และทนศักดาได้ 250 โวลท์ ต่ออนุกรมอยู่กับสายดินด้วย ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยไม่ให้พนักงานถูกไฟฟ้าดูดในกรณีที่สัมผัสกับเครื่องจักรที่อาจจะมีไฟฟ้ารั่วอยู่ การใช้งานสายรัดข้อมือที่ถูกต้องนั้น ตัวสายรัดข้อมือจะต้องได้รับการทดสอบเป็นประจำทุกวันและต่ออยู่กับวงจรสายดิน ที่มีการตรวจความต่อเนื่องว่ามีการลงดินอยู่ตลอดเวลาหรือไม่

3. พื้น, แผ่นปูรองพื้น, และวัสดุที่ใช้ทำพื้น

อีกวิธีหนึ่งที่สามารถควบคุมประจุบนตัวพนักงานคือใช้พื้น หรือแผ่นปูพื้นที่ป้องกัน ESD ร่วมกับรองเท้าป้องกัน ESD ทั้งสองอย่างนี้เมื่อใช้ร่วมกันจะสร้างเส้นทางเดินไฟฟ้า (และประจุ) ที่ทำให้เกิดการถ่ายเทประจุออกจากร่างกายและเครื่องแต่งกายของพนักงาน (รวมทั้งเครื่องจักรที่ตั้งอยู่พื้นหรือแผ่นปูพื้นป้องกัน ESD นั้นด้วย) นอกจากการพยายามถ่ายเทประจุออกจากพนักงานและเครื่องจักรแล้ว ผลิตภัณฑ์แผ่นปูพื้นบางอย่างยังสามารถป้องกันหรือลดการเกิดประจุอันเนื่องมาจาก Triboelectric ได้ด้วย แผ่นปูพื้นเหล่านี้เหมาะสมเป็นอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ต้องมีการเคลื่อนที่เคลื่อนไหวมากๆ นอกจากนี้แล้วแผ่นปูพื้นที่เหมาะสมนี้ยังสามารถถ่ายเทประจุออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรถเข็น, เก้าอี้, รถยก ได้ด้วย แต่ว่ารถเข็น, เก้าอี้, และรถยกเหล่านั้นจะต้องมีล้อที่ทำด้วยวัสดุที่ประจุสามารถวิ่งผ่านได้

4. เสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย

เสื้อผ้าเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงค่อนข้างมากในบริเวณที่มีการควบคุม ESD โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน Clean Room และในพื้นที่ที่มีความชื้นต่ำ วัสดุที่ใช้ทำเสื้อผ้าสามารถกำเนิดประจุไฟฟ้าได้เมื่อสัมผัสและแยกออกจากวัสดุต่างชนิด, หรือเสียดสีตัวของมันเอง โดยที่ประจุเหล่านี้สามารถถ่ายเทลงบนอุปกรณ์ที่ไวต่อไฟฟ้าสถิตและ/หรือสร้างสนามไฟฟ้าที่อาจจะเหนี่ยวนำประจุบนร่างกาย แม้ว่าตัวของพนักงานเองจะถูก "ต่อลงดิน" โดยผ่านสายรัดข้อมือและ/หรือรองเท้าสำหรับป้องกัน ESD แต่ไม่ได้หมายความว่าประจุจากเสื้อผ้าจะสามารถถ่ายเทลงดินได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเสื้อผ้าเองนั้นเป็นฉนวนไฟฟ้าซึ่งประจุไม่สามารถไหลได้อย่างสะดวก เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายที่เป็นแบบป้องกัน ESD ได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถลดผลของสนามไฟฟ้าหรือประจุไฟฟ้าที่อาจจะมีอยู่ได้มากที่สุด

5. โต๊ะงานและพื้นผิวสำหรับทำงาน

พื้นผิวสำหรับทำงานและโต๊ะงานเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากในการป้องกันความเสียหายจาก ESD ชิ้นส่วนและอุปกรณ์หลายอย่างจะต้องถูกทำงาน, ซ่อมแซม บนโต๊ะงานนี้

โต๊ะงานป้องกัน ESD เป็นคำนิยามของโต๊ะสำหรับพนักงาน 1 คนนั่งทำงานที่ประกอบด้วยโต๊ะที่สร้างขึ้นและมีเครื่องมือต่างๆอันจำเป็นที่ทำมาจากวัสดุป้องกัน ESD เพื่อที่จะไม่ทำความเสียหายให้กับชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เสียหายได้ง่าย โต๊ะงานนี้อาจจะอยู่ตัวเดียวโดดเดี่ยวในห้องเก็บอุปกรณ์, อยู่ในคลังเก็บของ, หรืออยู่ในบริเวณที่ทำการผลิตประกอบก็ได้

โต๊ะทำงานจะมีสายไฟฟ้าหรือทางเดินไฟฟ้าที่สามารถต่อพื้นผิวที่ทำงานทั้งหมด, ส่วนประกอบจับยึดต่างๆ, เครื่องมือที่ต้องใช้ทำงานกับชิ้นงาน, และอุปกรณ์ต่อเชื่อมสำหรับลงดินเข้าด้วยกันที่จุดต่อร่วมจุดหนึ่ง นอกเหนือจากนั้น อาจจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต่อร่างกายของพนักงานที่ปฏิบัติงานลงดินและมีอุปกรณ์สำหรับตรวจดูว่า ระบบการลงดินนั้นยังทำงานสมบูรณ์หรือไม่ พื้นของโต๊ะอาจจะปูด้วยแผ่นรองที่สามารถนำพาประจุให้ไหลลงดินได้โดยสะดวก ซึ่งจะทำให้ไม่มีศักย์ไฟฟ้าเหลืออยู่บนผิวโต๊ะที่จะต้องวางชิ้นงาน

6. เครื่องมือสำหรับทำการผลิต

นอกจากการที่พนักงานจะเป็นผู้ที่กำเนิดประจุไฟฟ้าแล้ว เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆในส่วนที่ทำการผลิตก็อาจจะสร้างประจุและทำความเสียหายให้กับชิ้นส่วนได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ชิ้นงานอาจจะถูกประจุได้จากการไหลลงจากรางหรือท่อ จากนั้นหากชิ้นงานสัมผัสกับวัตถุอีกชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่งซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน ย่อมจะเกิดการถ่ายเทประจุระหว่างกันและสร้างความเสียหายให้กับชิ้นงานได้ (เป็น Charge Device Model - CDM) นอกจากนั้น อุปกรณ์ที่ช่วยเหลือการผลิตต่างๆก็อาจจะทำร้ายชิ้นงานได้เช่นกัน อุปกรณ์ที่ช่วยเหลือนั้นหมายถึงเครื่องมือ, ของใช้ต่างๆที่ช่วยผลิตแต่ไม่ได้เป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่นหัวแร้ง, เทปกาว, น้ำยาต่างๆ เป็นต้น

การต่อสายดินเป็นวิธีเบื้องต้นที่จะควบคุมประจุไฟฟ้าในเครื่องจักรเครื่องมือหลายชนิด เช่นตัวถังโลหะหรือกระป๋องครอบเครื่องที่เป็นตัวนำไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ต้องใช้ไฟฟ้าในการทำงานจะต้องถูกต่อลงดินตามมาตรฐานทางไฟฟ้าโดยผ่านสายไฟสีเขียว ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในกรณีที่เกิดไฟฟ้ารั่ว สายดินนี้ก็จะทำหน้าที่ป้องกัน ESD ด้วยเช่นกัน ส่วนเครื่องมืออื่นๆที่ไม่ได้ใช้ไฟฟ้าในการทำงานเช่นไขควง, สว่านมือ, มีด, ปากคีบ ต่างๆเหล่านี้จะถูกต่อลงดินโดยทางอ้อมด้วยการวางลงบนแผ่นพื้นปูโต๊ะที่เป็นวัสดุแบบ Conductive หรือ Dissipative หรืออาจจะโดยผ่านร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน (ที่ถูกต่อลงดินผ่าน Wrist Strap) แต่หากเครื่องมือใดๆที่เป็นโลหะและไม่ได้ถูกต่อลงดินโดยการวางลงบนพื้นปูป้องกัน ESD ก็จะต้องถูกต่อลงดินด้วยสายดินต่างหาก และถ้ามีเครื่องมือที่ไม่ได้ทำจากโลหะ (คือไม่เป็นตัวนำทางไฟฟ้า) ก็จะต้องถูกทำให้เป็นกลางด้วยการเป่าด้วยเครื่อง Air Ionizer

7. หีบห่อและการขนถ่าย

การป้องกันโดยตรงที่เราสามารถทำกับชิ้นส่วนที่ไวต่อความเสียหายจาก ESD สามารถทำได้โดยการบรรจุชิ้นส่วนเหล่านั้นลงในหีบห่อ, ถุง, กล่อง ที่ทำจากวัสดุพิเศษ หน้าที่หลักของบรรจุภัณฑ์เหล่านี้คือป้องกันชิ้นงานเมื่อออกจากโรงงานไปยังลูกค้า หรือระหว่างการขนส่งชิ้นงาน (ที่ยังไม่เสร็จเรียบร้อย) จากโรงงานหนึ่งไปยังอีกโรงงานหนึ่ง หีบห่อเหล่านี้สามารถจำกัดความเสียหายจากการถ่ายเทประจุจากศักดาเนื่องจากการเสียดสี, การถ่ายประจุโดยตรง, และสนามไฟฟ้า สิ่งแรกที่ต้องระวังคือต้องใช้วัสดุที่เป็น (1)กำเนิดประจุได้น้อย (Low Charging Material - หรือที่เรียกว่า Antistatic) เช่นเมื่อเลื่อนชิ้นงานเพื่อเข้าบรรจุในหีบห่อนั้น จะต้องเกิดประจุไฟฟ้าน้อย อย่างที่สองที่ต้องการคือวัสดุหีบห่อจะต้องให้การ (2)ป้องกันการถ่ายเทประจุโดยตรงและต้อง (3)ป้องกันชิ้นงานภายในจากสนามไฟฟ้าด้วย มีวัสดุอยู่หลายชนิดที่มีคุณสมบัติทั้งสามประการดังกล่าวข้างต้น ข้างในของหีบห่อเหล่านี้จะเป็นวัสดุ Antistatic และมีผิวด้านนอกเป็นวัสดุที่มีความต้านทานที่ผิวอยู่ในช่วง Dissipative

2.2 ความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรียกกันว่า CAI (Computer Assisted Instruction) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วย ซึ่งบทเรียนลักษณะนี้ภายหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว สิ่งที่ผู้เรียนได้รับ ก็คือ ความรู้และความทรงจำ ส่วนบทเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถ เกิดทักษะนำไปปฏิบัติได้นั้น เรียกว่า CBT (Computer Based Training) ซึ่งหมายถึง การสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก (สุพิทย์ กาญจนพันธ์. 2541: 52)

2.2.2 ประโยชน์การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน

สมชาย ศรีสกุลเตียว (2545 : 10)

1. ทำให้ผู้เรียนเกิดความสามารถสร้างงานได้ตามเกณฑ์จากการฝึกปฏิบัติ ในขณะที่เรียนบทเรียนในแต่ละเรื่อง

2. ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนการสอนมากขึ้น ก่อให้เกิดความสนใจและกระตือรือร้นมากขึ้น

3. ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกบทเรียนและวิธีการเรียนได้หลายรูปแบบ ทำให้ไม่เบื่อหน่าย เช่น ถ้าเบื่อการอ่านหนังสือ หรือฟังคำบรรยาย ก็เปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่นโดยใช้คอมพิวเตอร์ได้

4. ทำให้ไม่ต้องมีการท่องจำ

5. ทำให้สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนได้เหมาะสม กับความต้องการของนักศึกษาแต่ละคน

6. ทำให้ผู้เรียนมีอิสระในการที่จะเรียน ไม่ต้องคอยเพื่อนร่วมชั้น และครูอาจารย์จะใช้คอมพิวเตอร์เมื่อไรก็ทำได้อย่างอิสระ

7. ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปหลักการ เพื่อหาสาระของบทเรียนได้สะดวกรวดเร็วขึ้น

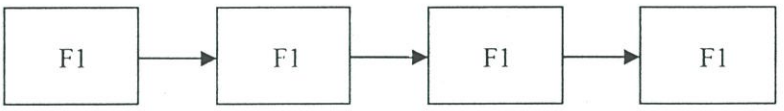
2.2.3 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ครรชิต มาลัยวงศ์ (2531 : 69-123) กล่าวถึงประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะของความสามารถเฉพาะบุคคลว่า “CAI ใช้หลักการที่เรียกว่า Individualized Learning นักเรียนสามารถเรียนได้ช้าหรือเร็วเท่ากับความสามารถตนเอง ไม่ต้องเสียเวลารอคอยไปด้วยกันทั้งชั้น และผู้เรียนจะได้เรียนบทเรียนเหมือนกันทุกอย่าง เป็นการรักษาคุณภาพของการสอนและสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าผู้เรียนผ่านวิชานั้นๆ ไปแล้วจะเร็วอะไรบ้าง โดยการสร้างบทเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ พื้นฐาน จะนำเสนอต่อผู้เรียนมี 2 รูปแบบ

1. บทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น บทเรียนจะประกอบด้วยกรอบ ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ จากง่ายไปหายาก ผู้เรียนทุกคนจะได้เห็นข้อความเดียวกัน ตามลำดับ เหมือนกันตอบคำถามเดียวกัน ผู้เรียนจะต้องเรียนจากกรอบแรกก้าวไปตามลำดับ จนถึงกรอบสุดท้าย จะข้ามกรอบใดกรอบหนึ่ง

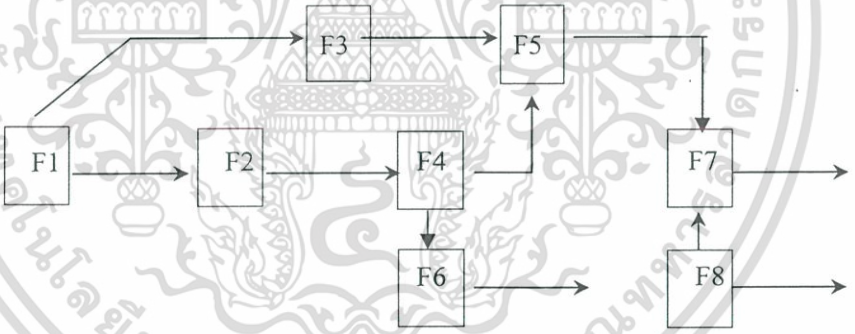
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ สิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนกรอบต่อๆ ไป บทเรียนชนิดนี้มักจะให้ผู้เรียนตอบคำถามว่าถูกหรือผิด หรืออาจจะเป็นการเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่าง โดยทั่วไปการจัด CAI แบ่งเป็นกรอบเสมือนสไลด์โชว์ ซึ่งอาจจะผสมกับข้อความก็ได้มองเห็นเป็นกรอบๆ ลักษณะของบทเรียนเชิงเส้น อาจแยกออกเป็นหลายบท ได้ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.11 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น

2. บทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น บทเรียนชนิดนี้คำนึงถึงความแตกต่าง และความผิดของแต่ละคนเป็นสำคัญโดยให้มีการทดสอบผู้เรียนเพื่อหาระดับของผู้เรียน เพื่อที่จะเลือกบทเรียนให้เหมาะสมการจัดกรอบของบทเรียนจะต้องมีการกำหนดเชื่อมโยงระหว่างกรอบ อย่างเหมาะสมเจาะเป็นเน็ตเวิร์กตามความสามารถของการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น

2.2.4 โปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

2.2.4.1 ระบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring System) โปรแกรมระบบนี้เขียนและพัฒนาขึ้นด้วยผู้ชำนาญการ และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งออกแบบไว้สำหรับสร้างและนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยเฉพาะ ดังนั้นการใช้งานจึงง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรม เพื่อสร้างบทเรียน ก่อนหน้านี้เป็นเรื่องที่สร้างปัญหาในการใช้ภาษาไทยมาก เนื่องจากได้มีการประยุกต์ใช้ภาษาไทยกับระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีมาตรฐานรองรับ แต่ก็เป็นที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไป ตัวอย่างโปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน ได้แก่ ระบบ PLATO, Authorware, Multimedia Tool book. Icon Author, PINE, Ten CORE, Quest เป็นต้น ข้อดีของระบบนิพนธ์บทเรียนเหล่านี้ ก็คือ ใช้งานง่ายและสะดวก ส่วนข้อจำกัดก็คือราคาค่อนข้างสูง และต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบที่มีขีดความสามารถค่อนข้างสูง

2.2.4.2 ระบบการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทั่วๆ ไป ได้แก่ PC Story Board, Show Partner, Paint Brush, Fat vision เป็นต้น เพื่อใช้ในการสร้างและพัฒนาบทเรียน ซึ่งมีข้อจำกัดและความสมบูรณ์ในหลายๆ ด้าน เนื่องจากเป็นโปรแกรมสำหรับสร้างภาพทั่วๆ ไป เหมาะสำหรับการสร้างภาพเพื่อการนำเสนอมากกว่าที่จะเป็นการโต้ตอบบทเรียน แม้ว่าบางโปรแกรมจะสามารถโต้ตอบได้แต่ก็ยากเกินกว่าบุคคลทั่วไปที่จะทำได้เนื่องจากการสร้างบทเรียนต้องใช้หลักการโปรแกรมจึงไม่เป็นที่นิยมใช้กัน

2.2.5 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การจำแนกประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีค่อนข้างหลากหลายโดย ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของนักคอมพิวเตอร์และนักการศึกษา ถ้าจำแนกประเภทตามวิธีการและลักษณะของการใช้ในการเรียนการสอน จะจำแนกได้ 5 ประเภท คือ (นงนุช วรรณธนวหะ. 2535 : 3)

1. แบบศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial)
2. แบบฝึกทบทวน (Drill and Practice)
3. แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)
4. แบบเกมส์การสอน (Instructional Game)
5. แบบทดสอบ (Test)

2.2.6 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2535 : 4-7) ได้เสนอเทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial) โดยเน้นการผสมผสานของกราฟิก สี ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบ การให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นภาพ ฯลฯ ขั้นตอนการออกแบบนี้ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagné ดังนี้

- การเร้าความสนใจให้พร้อมที่จะเรียน (Gain Attention) ทำได้โดยการใช้ภาพ สี และ/หรือเสียงประกอบ ในการสร้างไตเติล (Title) ควรใช้กราฟิกขนาดใหญ่ง่าย ไม่ซับซ้อน มีการเคลื่อนไหวที่สั้นและง่าย ใช้สีและเสียงเข้าช่วยให้สอดคล้องกับกราฟิก ภาพควรค้างอยู่บนจอจนกว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนภาพ ในกราฟิกควรบอกชื่อเรื่องที่จะเรียน แสดงบนจอได้เร็วและควรเหมาะสมกับวัยของผู้เรียนด้วย

- บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน (Define Objectives) ในขั้นนี้นอกจากจะทำให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้ว ยังเป็นการบอกถึงเค้าโครงของเนื้อหาเพื่อให้การเรียนรู้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพขึ้นอาจบอกเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือวัตถุประสงค์ทั่วไปซึ่งจะต้องคำนึงถึงด้วยว่า ควรใช้คำสั้นๆ และเข้าใจง่าย หลีกเลี่ยงคำที่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเข้าใจ โดยทั่วไปไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไป ถ้าเป็นบทเรียนใหญ่ควรมีวัตถุประสงค์กว้างๆ ต่อด้วยเมนู (Menu) แล้วจึงมีวัตถุประสงค์ย่อยปรากฏบนจอทีละข้อโดยใช้กราฟิกง่ายๆ และการเคลื่อนไหวเข้าช่วย

- ทบทวนความรู้เดิม (Active Prior Knowledge) เป็นการประเมินความรู้เดิมเตรียมผู้เรียน การทบทวนไม่จำเป็นต้องเป็นการทดสอบเสมอไป ในขั้นนี้ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาหรือแบบทดสอบได้ตลอดเวลา

- ให้เนื้อหาและความรู้ใหม่ (Present New Information) ควรใช้ภาพประกอบกับเนื้อหาที่กะทัดรัด ง่ายและได้ใจความ ภาพที่ดีไม่ควรมีรายละเอียดมากเกินไป ใช้เวลานานไปเข้าใจยาก หรือออกแบบโปรแกรมในส่วนของเนื้อหา ควรคำนึงด้วยว่า ควรใช้ภาพประกอบเฉพาะ ส่วนเนื้อหาที่สำคัญอาจใช้กราฟิกในลักษณะต่างๆ เช่น แผ่นภาพ แผนภูมิ ภาพเปรียบเทียบช่วยเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนควรใช้ตัวชี้นำ (Cue) เช่น การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น ฯลฯ แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่ยาก ควรจัดรูปแบบให้น่าอ่านยกตัวอย่างที่เข้าใจง่ายควรเสนอกราฟิกเท่าที่จำเป็นและไม่ควรใช้สีเกิน 3 สี ใช้คำที่คุ้นเคย การโต้ตอบควรมีหลายๆ แบบ

- แสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหา (Guide Learning) ผู้เรียนจะจำได้ดีถ้าบทเรียนที่ระบบการนำเสนอเนื้อหาดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนและควรแสดงให้เห็นว่า ส่วนย่อยมีความสัมพันธ์กับส่วนใหญ่และสิ่งใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน บางครั้งควรให้ตัวอย่างที่แตกต่างออกไปบ้าง ถ้าเนื้อหายากควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมและควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงประสบการณ์เดิม

- กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) ในขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมคิดร่วมกิจกรรม ซึ่งทำให้ผู้เรียนจำเนื้อหาได้ดี ควรให้ผู้เรียนตอบสนองวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นครั้งคราวไม่ควรให้ตอบยาวควรเร้าความคิดอาจใช้กราฟิกหรือเกมช่วยในการตอบสนองหลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำๆและไม่ควรมีคำถามหลายคำถามในข้อเดียวกันการตอบสนองของผู้เรียนคำถาม และผลย้อนกลับควรอยู่ในกรอบ (Frame) เดียวกัน

- ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้มากถ้าบทเรียนท้าทายผู้เล่น โดยบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้ผลย้อนกลับ เพื่อบอกว่าผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด และควรคำนึงถึงด้วยว่าผลย้อนกลับควรให้ทันทีหลังจากผู้เรียนตอบสนอง บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด การแสดงคำถามคำตอบ และผลย้อนกลับ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน ควรใช้ภาพง่ายๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเข้าช่วย หลีกเลี่ยงการให้ภาพที่ตื่นตา เพื่อหลีกเลี่ยง ผลทางภาพจะทำให้ผู้เรียนสนใจมากกว่าเนื้อหา ไม่ควรใช้กราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ควรเฉลยเมื่อผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง อาจใช้เสียงสูงเมื่อทำถูก เสียงต่ำเมื่อทำผิด ใช้การให้คะแนนหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพเพื่อบอกความใกล้ ไกล จากจุดหมายและควรเปลี่ยนรูปแบบของผลย้อนกลับบ้าง เพื่อเร้าความสนใจ

- ทดสอบ (Assess Performance) เพื่อเป็นการประเมินผลการเรียนและให้ผู้เรียนสามารถจำได้ ควรคำนึงด้วยว่าแบบทดสอบควรตรงกับจุดประสงค์ของบทเรียน ข้อทดสอบคำตอบ และข้อมูลย้อนกลับควรอยู่บนเฟรมเดียวกันและขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็วและ ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป ควรให้ผลย้อนกลับครั้งเดียวในหนึ่งคำถาม และควรบอกผู้เรียนถึงวิธีที่จะตอบให้ชัดเจน บอกผู้เรียนว่ามีตัวเลือกอย่างอื่นด้วยหรือไม่ ที่จะช่วยในการทำแบบทดสอบและต้องคำนึงถึงความแม่นตรง และความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ อย่าตัดสินใจว่าตอบผิด ถ้าคำตอบไม่ชัดเจนควรใช้ภาพประกอบในการตั้งคำถาม ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าพิมพ์ผิดวรรคผิด ใช้แบบตัวอักษรผิด เช่น ตอบเป็นตัวพิมพ์ แทนที่จะเป็นตัวเขียนในภาษาอังกฤษ เป็นต้น

- การนำความรู้ไปใช้ (Promote Retention and Transfer) ควรให้ผู้เรียนทราบว่า ความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้เดิมอย่างไร เพื่อทบทวนแนวคิดสำคัญเสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจทำประโยชน์ได้และบอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง

2.3 การออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 ขั้นตอนการออกแบบพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำเป็นจะต้องอาศัยความถูกต้องและความละเอียดรอบครอบในการสร้างจึงจะได้ผลงานออกมาที่มีคุณภาพ โดยที่ผู้สร้างจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า ชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมานั้น จะทำการสอนด้วยตัวมันเอง โดยในบางครั้ง จะไม่มีครูหรือผู้เชี่ยวชาญมาคอยกำกับดูแล ที่จะมาให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนรู้เหมือนการเรียนการสอนตามปกติ ดังนั้น ที่สำคัญการจัดลำดับและการโปรแกรมต้องจัดเขียนขึ้นให้มีความสัมพันธ์กันและเกิดความต่อเนื่องให้มากที่สุด เพื่อที่จะให้บรรลุจุดประสงค์ในวิชาที่จัดเตรียมเอาไว้ ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้นำแนวคิดของ (ไพโรจน์ ตีรณธนกุล และคณะ 2542-2543 : 8-15) มาเป็นข้อกำหนดในการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาและผู้เรียน เพื่อทราบถึงรายละเอียดของเนื้อเรื่อง ที่กำหนดตามหลักสูตรว่าเนื้อหาทั้งหมดเป็นอย่างไร ระดับใด ควรใช้เวลาเรียนรู้ปกติเท่าใด ผู้เรียนรู้มีพื้นฐานความรู้อย่างไร ความพร้อมทางด้านอื่นๆ ของผู้เรียนมีอะไรบ้าง

2. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อเรื่องที่กำหนด เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องจัดเขียนขึ้นเอง ทั้งนี้ตามเนื้อเรื่องส่วนมาก จะไม่กำหนดไว้ หรืออาจมีเฉพาะวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการหรือที่ได้จากการเขียนเนื้อหาของเรื่องนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เรียบเรียงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและคำถามนำร่อง วัตถุเชิงพฤติกรรมที่กำหนดขึ้นมาทั้งหมดนี้ แต่ละวัตถุประสงค์จะมีความต่อเนื่องและเสริมซึ่งกันและกัน การจัดเรียบเรียงวัตถุประสงค์เหล่านี้ให้อยู่ในระบบที่ดีและกำหนดคำถามไว้ให้เหมาะสม จะเป็นการนำร่องในการสร้างบทเรียนได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

4. วิเคราะห์เนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย จากเนื้อหาที่พิจารณาเลือกไว้แล้วจำเป็นต้องนำมาแยกเป็นหน่วยย่อยๆ หรือเป็นตอนสั้นๆ เรียงจากง่ายไปหายากหรือถ้าหาก เนื้อหานั้นจะต้องต่อเนื่องกันเป็นลำดับก็จะต้องจัดลำดับไว้ โดยอาศัยจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ที่ได้กำหนดไว้ในแต่ละหน่วยย่อยควรความสมบูรณ์อยู่ภายในหน่วย เพื่อให้ผู้เรียนจะได้ไม่สับสน สิ่งที่จะต้องพิจารณาในขั้นนี้ คือ ในเนื้อเรื่องหนึ่งๆ นั้นควรมีหน่วยหรือตอนที่เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหา หน่วยที่เป็นเนื้อหาหลัก และหน่วยสรุป สำหรับหน่วยนำเข้าสู่เนื้อหา และหน่วยสรุปอาจมีเพียงหน่วยเดียวหรือสองหน่วยก็ได้ ส่วนหน่วยเนื้อหาหลักต้องมีจำนวนมากกว่าขึ้นอยู่กับเนื้อหาของหลักสูตร

5. การออกแบบเนื้อหา นั้นควรใช้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับรูปแบบของบทเรียนโปรแกรมสำเร็จรูป ปกติเข้ามาประยุกต์ใช้ด้วย โดยทั่วไปแล้วเนื้อเรื่องในแต่ละตอนต้องประกอบด้วยสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

5.1 คำแนะนำหรือคำชี้แนะว่าผู้เรียนจะต้องทำอย่างไรบ้าง ในเนื้อเรื่องนี้จะต้องโต้ตอบอย่างไร คล้ายๆ กับเป็นการแนะนำวิธีการเรียนนั้นเอง

5.2 การทดสอบก่อนเรียนรู้ ในแต่ละตอนจะต้องมีการทดสอบ เพื่อที่จะได้ทราบความสามารถหรือความรู้เดิมของผู้เรียน ซึ่งผลการสอบจะได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าผู้เรียนจะต้องเรียนเนื้อหานี้ทั้งหมด หรือเรียนรู้เพียงบางส่วน หรือข้ามไปตอนอื่นได้เลย

5.3 จุดมุงหมายเชิงพฤติกรรม ของแต่ละคนจะต้องแจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบเพื่อให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจก่อนเรียนว่าหลังการเรียนเนื้อหานั้นๆ แล้ว ผู้เรียนจะสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมอย่างไรบ้าง

5.4 ตัวเนื้อหาในแต่ละตอนจะต้องพยายามทำเนื้อหาให้น่าสนใจ ครอบคลุมเรื่องที่ต้องการจะอธิบายให้พอเหมาะ อธิบายขยายความในสิ่งที่ควรอธิบาย ตัดตอนบางส่วนที่ไม่สำคัญให้กระชับขึ้นหรือถ้าเป็นไปได้ เนื้อหานั้นควรช่วยให้ผู้เรียนเพลิดเพลิน และอยากเรียนต่อเนื่องไปเรื่อยๆ ไม่รู้เบื่อ

5.5 แบบฝึกหัด จะเป็นสิ่งที่ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้เรียนรู้ในเนื้อหานั้น อย่างถูกต้องแม่นยำ แบบฝึกหัดแต่ละข้อควรให้ข้อมูลย้อนกลับทันที เพื่อเสริมแรงของการตอบสนองให้ดี ยิ่งขึ้น

5.6 ทบทวนบทเรียน เพื่อเน้นหรือย้ำในสิ่งที่ผู้เรียนอาจจะยังจับจุดไม่ได้ หรือทำให้เกิดความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 ทดสอบหลังเรียน เมื่อจบเนื้อหาตอนหนึ่งๆ ควรให้มีการทดสอบ การทดสอบนี้ควรให้ผู้เรียนเข้าใจว่าไม่ใช่คะแนนตัดสินเรื่องสอบได้สอบตก แต่เป็นข้อมูลที่จะชี้แนะผู้เรียนว่าบรรลุวัตถุประสงค์มากน้อยแค่ไหน

6. การสร้างพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามแบบ เมื่อได้รูปแบบของบทเรียน แล้วขั้นต่อไปคือ ลงมือสร้างตามแบบ โดยเริ่มจาก

6.1 สร้างกรอบหรือบอร์ดเรื่องราว โดยเขียนลงบนแผ่นกระดาษ

6.2 สร้างผังการดำเนินเรื่อง (flow chart)

6.3 เขียนลำดับเนื้อหา (sequence)

7. เขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากแผนภูมิและเนื้อเรื่องที่ร่างเอาไว้ในขั้นที่ 6 ก็สามารถนำมาเข้ารหัสคำสั่งคอมพิวเตอร์ได้เลย

8. ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อได้โปรแกรมเรียบร้อยแล้ว มาถึงขั้นนี้ก็นำโปรแกรมป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ทดลองหาคุณภาพ ในกรณีที่ได้เนื้อเรื่อง เรียบร้อยสมบูรณ์แล้ว ก่อนนำไปใช้กับนักเรียนควรนำเนื้อเรื่องนั้นๆ ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจและทดลองใช้และทำการประเมิน เมื่อได้รับการประเมินแล้ว อาจปรับปรุงแก้ไขจนเป็นที่น่าพึงพอใจแล้วจึงนำไปใช้งานได้จริง

2.3.2 โปรแกรม AUTHORWARE

โปรแกรม Authorware เป็นโปรแกรมที่มีผู้นิยมใช้ในการสร้างงาน CAI เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีบางสถานศึกษที่มีการนำโปรแกรมตัวนี้มาใช้ในการเรียนการสอนด้วย

Authorware เป็นโปรแกรมนำเสนอข้อมูล คล้ายกับโปรแกรม PowerPoint แต่แตกต่างกันที่โปรแกรม Authorware สามารถโต้ตอบกับผู้เล่นโปรแกรมได้ตามที่ผู้สร้างกำหนด Authorware จึงเหมาะกับงานนำเสนอหลายประเภท

ลักษณะของโปรแกรม Authorware จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ผู้สร้างผลงานกับผู้ใช้ผลงาน สำหรับผู้ใช้ไม่ยุ่งยากเพียงแต่เล่นโปรแกรมไปตามเนื้อหาที่นำเสนอ ส่วนผู้สร้างโปรแกรมจะยุ่งยากและต้องใช้จินตนาการมาก เพื่อที่วางเนื้อหาหรือนำเสนอรูปแบบอย่างมีศิลปะ และมีเทคนิคในการนำเสนอให้น่าสนใจ

หลักการของการสร้างหรือการนำเสนอของโปรแกรม Authorware คือจะมีเส้นให้ผู้สร้างวางเนื้อหาที่จะนำเสนอไปตามลำดับ จากบนลงล่าง ถ้าเนื้อหาก็จะวางเนื้อหาจากซ้ายไปขวา เราเรียกว่าเส้น Flow Line เมื่อสร้างเสร็จแล้วในส่วนของผู้ใช้ ก็จะเล่นเนื้อหาไปตามลำดับ ตามที่ผู้สร้างกำหนดไว้ โดยไม่สามารถแก้ไขได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประสิทธิภาพของบทเรียนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่า ผู้เรียนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ผลเฉลี่ยของคะแนนการประกอบกิจกรรมทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด หรือค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละบทเรียนในระหว่างเรียน ต่อ ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกบทเรียนนั่นคือE_1/ E_2 หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ/ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (อธิพร ศรียมก, 2532 : 245-253) ระดับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเป็นระดับที่ผู้สอนพอใจว่าหากบทเรียนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นก็มีคุณค่า น่าพอใจ เราเรียกระดับประสิทธิภาพที่น่าพอใจนั้นว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ

ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่าเมื่อเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้วผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80% และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 80%

2.4.1 การกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพ

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/ E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักตั้งไว้ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น อย่างไรก็ตามไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำเพราะตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใด ก็มักได้ผลเท่านั้น (อธิพร ศรียมก. 2532 : 245- 253)

จะเห็นได้ว่าการกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนั้น มีเกณฑ์ไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อหาวิชาที่นำมาจัดสร้างเป็นบทเรียนว่าเป็นเนื้อหาประเภทใด การกำหนดประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในส่วนที่เป็นเนื้อหาที่เกี่ยวกับความรู้ความจำ จะตั้งค่าประสิทธิภาพไว้สูงกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับทักษะหรือเจตคติ ดังนั้นการค้นคว้าครั้งนี้ผู้ทำการค้นคว้า จึงตั้งค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้เป็น 80 / 80

2.4.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีนั้น เมื่อทำการสร้างเสร็จสมบูรณ์ต้องผ่านการทดลองใช้ (Try Out) ตามขั้นตอนและวิธีการที่กำหนด แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ได้ตามเกณฑ์มากน้อยเพียงใด มีสิ่งใดที่ยังบกพร่องความแก้ไขอยู่บ้าง โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม ที่ได้จากประชากรที่จะใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้จริง คือทดลองแบบหนึ่งต่อหนึ่ง ทดลองแบบกลุ่มเล็ก และทดลองภาคสนาม ข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาประสิทธิภาพได้จากการทดลองแบบกลุ่มเล็กและการทดลองภาคสนาม โดยใช้สูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ E_1 = คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละบทเรียนในระหว่างเรียน

$\sum x$ = คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

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

E_2 = คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนบทเรียนครบทุกบทเรียน

$\sum F$ = คะแนนรวมของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

B = จำนวนคะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมด

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 แล้วผลลัพธ์ที่ได้มักจะใกล้เคียงกันห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็นตัวชี้ที่ยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้นหรือไม่ก่อนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย(อธิพร ศรียมก. 2532 : 245-253)

โดยปกติในการทดลองแบบกลุ่มเล็ก ค่าประสิทธิภาพที่ได้จะเกือบเท่ากับเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% ส่วนค่าประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลองภาคสนาม ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำจากเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างมากผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ เช่นทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/84.5 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75 / 75 เมื่อผลการทดลองเป็น 83.5/85.5 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น85 / 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้สอนหรือผู้วิจัยจะต้องนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้สร้างขึ้นมานั้นไปทดลองหาประสิทธิภาพ ซึ่งมี 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ

1. การทดสอบหาประสิทธิภาพกับกลุ่มเบื้องต้นเป็นการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองกับผู้เรียนจำนวน 3 คนด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างง่ายโดยวิธีการจับฉลาก เพื่อศึกษาดูว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีความเหมาะสมกับผู้เรียนและมีข้อบกพร่องหรือไม่ถ้ามีก็ให้นำมาปรับปรุงแก้ไข

2. การทดสอบหาประสิทธิภาพกับกลุ่มย่อย นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขแล้ว จากการทดสอบหาประสิทธิภาพเบื้องต้น ไปทดลองใช้กับผู้เรียน จำนวน 9 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีการจับฉลาก แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพกลุ่มเชิงปฏิบัติการ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ได้ทำการทดลองและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับผู้เรียนจำนวน 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยวิธีการจับฉลาก แล้วนำผลที่ได้จากการทดลองไปหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม

2.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

ภัทร ทองสามสี (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบสื่อสารดิจิตอลเรื่อง ดิจิตอลมอดูเลชั่น หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันอาชีวะศึกษา พ.ศ. 2546 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ที่เรียนวิชาระบบสื่อสารดิจิตอล ของวิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จำนวน 40 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.50/81.25 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

วิชา โตนิล (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง วงจรลอจิกแบบลำดับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฝึกความสารมารถแบบอิงเกณฑ์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.77/89.27 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ E1/E2 = 80/80

ธีระพล เที่ยงธรรม (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เรื่องการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซลสำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาเทคนิคก่อสร้าง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.29/82.58 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80 / 80

อดิศัย ตั้งรุจิกุล (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม เรื่อง การใช้งานระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เบื้องต้น สำหรับพนักงานของบริษัท กสท โทรคมนาคมจำกัด(มหาชน) และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยวิศวกร พนักงานโปรแกรมคอมพิวเตอร์และนักวิเคราะห์ระบบงานคอมพิวเตอร์ ของฝ่ายบริหารงานข้อมูลทางธุรกิจ, ฝ่ายพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่องานจัดการองค์กร และฝ่ายปฏิบัติการเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยอาสาสมัครจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.11/89.16 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เรื่อง หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอัสสัมชัญสมุทรปราการ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.33/81.00 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อโณทัย พุ่มสะอาด (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง วงจรสวิทช์บันได ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ รวมทั้งหาประสิทธิภาพจากการใช้ชุดบทเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2546 ที่เรียนวิชาช่างอุตสาหกรรมและไม่เคยศึกษาเรื่องวงจรสวิทช์บันไดมาก่อน จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพ 84/85.33 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ที่ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นเมื่อเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สมบูรณ์ ฉัตรอำไพพรรณ(2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อสร้าง หาประสิทธิภาพและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับก่อนเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องการใช้งานเตาอบไมโครเวฟ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือพนักงานบริษัทแกล็ซโซ สมิทไคลน์(ประเทศไทย) จำกัดจำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.67/82.83 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือพนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ในจังหวัดอยุธยา 52 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ พนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซัน โย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัดซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ในจังหวัดอยุธยา จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้หมายถึง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการ สร้างขึ้นมาเอง ประกอบด้วย

1.บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยองค์ประกอบของเนื้อหาบทเรียนแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

1. ไฟฟ้าสถิตและ ESD
2. ผลกระทบของ ESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์
3. การป้องกันและควบคุม ESD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างตามแบบเนื้อหาที่สำคัญ โดยผู้วิจัยได้สร้างด้วยโปรแกรม Authorware เพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหาของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

1. ดำเนินการศึกษาค้นคว้ารายละเอียดเกี่ยวกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากเอกสารและงานวิจัย ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการจัดทำเนื้อหาและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2. ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาของไฟฟ้าสถิต ซึ่งในการวิเคราะห์เนื้อหา ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต, ผลที่เกิดขึ้นจากปรากฏการณ์ และการป้องกัน

3. วิเคราะห์เนื้อหาเป็นหน่วยย่อยและกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้สอดคล้องกัน

4. นำเนื้อหาทั้งหมดมาเขียน สตอรี่บอร์ด เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินเรื่องของเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น โดยแบ่งรายละเอียดเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรียงลำดับตามเนื้อหาหัวข้อกำหนดภาพ และการโต้ตอบระหว่าง ผู้รับการฝึกกับคอมพิวเตอร์ซึ่งสร้างเป็นแบบโฟล์ชาร์ต แล้วนำสตอรี่บอร์ด ให้ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง จากนั้นนำมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ได้ทำการตรวจสอบพิจารณาตามความเหมาะสม เพื่อนำไปปรับปรุงและแก้ไขให้ถูกต้อง

5. ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีวิธีการสร้าง 6 ขั้นตอน

5.1 ดำเนินการสร้างสตอรี่บอร์ด นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อตรวจสอบแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข นำมาเขียนเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบ Tutorial โดยใช้โปรแกรม Authorware เป็นตัวกำหนดโครงสร้างของโปรแกรม ตัวอักษร ออกแบบกราฟฟิก กำหนดสี

5.2 ดำเนินการจัดหาภาพที่เกี่ยวกับบทเรียน

5.3 ดำเนินการออกแบบกราฟฟิก หน้าจอ ชื่อเรื่อง ตัวอักษร ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ให้สวยงาม เพื่อให้เกิดความสนใจและอยากรู้อยากเห็น

5.4 นำรูปและกราฟฟิกที่ได้ดำเนินการปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว มาใส่ในโครงสร้างโปรแกรมที่กำหนดไว้ในสตอรี่บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 นำรูปภาพและกราฟฟิกใส่ลงในสตอรี่บอร์ด แล้วนำเสียงมาผสมในบทเรียนที่อยู่ใน สตอรี่บอร์ด เพื่อให้สื่อที่ใช้อยู่มีความสมบูรณ์

5.6 ทดลองใช้โปรแกรมและตรวจสอบดูว่าเป็นไปตามที่ สตอรี่บอร์ด กำหนดไว้หรือไม่

6. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้องตามรูปแบบ และนำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิที่ร่วมประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ตรวจสอบหาข้อบกพร่อง ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ด้านคือ

6.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน พิจารณาและวิเคราะห์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้สอดคล้องกับเนื้อหา ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา

6.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความสอดคล้องในด้านการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และในด้านการผลิตสื่อ ดังรายนามดังนี้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1.นายกิติยศ สาคริก	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม บริษัท สยามอินทิเกรชั่น จำกัด
2. นายวสันต์ คงสิน	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมการผลิต บริษัท นิเด็ก ไฮเทค มอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
3. นายประสบโชค ทิพย์แก้ว	วิศวกรอาวุโส แผนก แอล เอส ไอ บริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

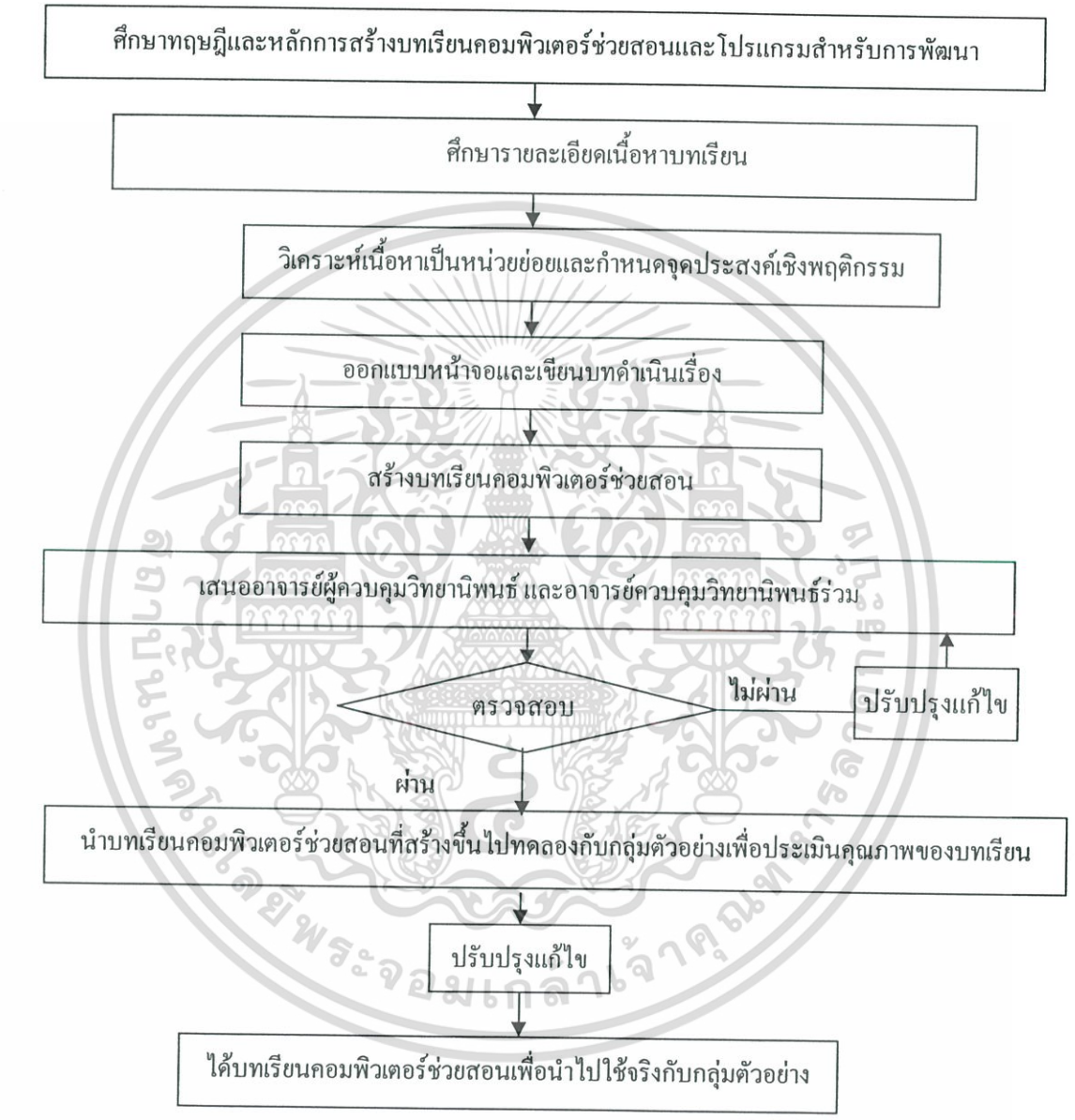
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาคครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2.ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาคครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3.อาจารย์เกษม สุขสบาย	หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองในเบื้องต้นกับพนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท สยาม อินทิเกรชั่น ซิสเต็มส์ จำกัด จำนวน 6 คน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อรับฟังความคิดเห็นและหาข้อบกพร่องก่อนที่จะนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.2.2.1 ดำเนินการศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.2.2 ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

3.2.2.3 ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก โดยสร้างให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ของบทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ทุก ๆหัวข้อ

3.2.2.4 สร้างแบบประเมินความสอดคล้อง ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Validity) ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2534:177) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด หมายถึง เครื่องมือนั้นสามารถวัดได้ตามสิ่งที่ต้องการจะวัดหรือวัดได้ตามจุดประสงค์ที่จะวัด การวัดโดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้อง ดังรายนามดังนี้

1. นายประสบ โชค ทิพย์แก้ว	วิศวกรอาวุโส แผนก แอล เอส ไอ บริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
2.นายกิติยศ สาคริก	ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม บริษัท สยามอินทิเกรชั่น จำกัด
3. นายวสันต์ คงสิน	ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมการผลิต บริษัท นิเด็กไฮเทคมอเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด

ในการตรวจสอบการสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์ กำหนดความคิดเห็นไว้ดังนี้

คะแนน +1 มีความเห็นว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 ไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 มีความเห็นว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาแต่ละข้อเพื่อนำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเลือกแบบวัดผลสัมฤทธิ์ของแบบทดลองข้อที่มีดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.5 ขึ้นไป นำไปใช้ประเมิน (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 138)

จากผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 1 จำนวน 27 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าสอดคล้องเท่า 0.67 จำนวน 2 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าสอดคล้องเท่ากับ 0 จำนวน 1 ข้อ

3.2.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อนำไปวิเคราะห์ และนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาตรวจ หลังจากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผ่านการแก้ไขและปรับปรุงแล้วไปใช้ โดย เลือกแบบทดสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป เพื่อนำไปใช้กับ พนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำ จำนวน 20 คน

3.2.2.6 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(P) และค่าอำนาจจำแนก (D) เป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 50 % แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .79 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไปนำไปใช้ในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย(P) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) อยู่ระหว่าง 0.35-0.75 แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความยากง่าย (P) ในระดับพอใช้ได้ ดังภาคผนวก

ผลการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (D)ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (D) อยู่ระหว่าง 0.20-0.70แสดงว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีอำนาจจำแนก (D) อยู่ในระดับปานกลางดังภาคผนวก

3.2.2.7 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson(อ้างในล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538: 210-212) จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน และได้ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ เท่ากับ0.83จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสามารถนำไปบรรจุไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.8 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้เป็นเครื่องมือหาประสิทธิภาพของบทเรียน

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาวิชา และสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ส่วนขั้นตอนดำเนินการสร้างแบบประเมินสื่อ มีขั้นตอนดังนี้ คือ การกำหนดหัวข้อที่ประเมิน ออกแบบการประเมินสื่อ ทั้งทางด้านเนื้อหาและการผลิตสื่อ โดยแบ่งเรื่อประเมินออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่

ด้านเนื้อหา

1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ
2. ด้านภาพและตัวอักษร
3. ด้านเวลาในการนำเสนอ

ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1. ด้านการนำเสนอและเนื้อหา
2. ด้านภาพ ภาษาและเสียง

การประเมินค่าแต่ละด้าน จะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิ เลือกประเมินเพื่อแสดงความคิดเห็นซึ่งเป็นการวัดแบบเจตคติ ตามแบบของลิเคิร์ค (Likert 's Scale) (อ้างใน พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2541 : 128) โดยแบ่ง การประเมินออกเป็น 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง โดยระดับความเห็นมีคะแนนบวก เป็น 5,4,3,2 และ 1 ในแบบประเมินการสื่อการสอนนั้น ผู้วิจัยแบ่งระดับความเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพ อยู่ในระดับดีมาก

4 หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพ อยู่ในระดับดี

3 หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพ อยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพ อยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพ อยู่ในระดับควรปรับปรุง

โดยใช้เกณฑ์การตีความของการแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิตามแบบของ John W. Best ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเพื่อทำการประเมินตามระดับความคิดเห็น ดังนี้

เกณฑ์		ระดับความคิดเห็น
4.50 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.50 – 4.49	หมายถึง	ดี
2.50 – 3.49	หมายถึง	ปานกลาง
1.50 – 2.49	หมายถึง	พอใช้
1.00 – 1.49	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ในการประเมิน คะแนนเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ ($\overline{X}$) ตั้งแต่ 3.5 ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แล้วนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ โดยแบ่งการประเมินคุณภาพออกเป็นแต่ละด้าน 2 ด้านได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและ ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ก่อนที่จะนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

2. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใช้กับกลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพ(E1/E2) ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน(Pre – test)แล้วเก็บคะแนนเอาไว้

3.ให้ผู้ฝึกอบรมศึกษาบทเรียนและทำแบบทดสอบท้ายบทแต่ละบทเรียนและเก็บคะแนนเพื่อนำไปหาประสิทธิภาพ (E_1)

4.ให้ผู้เรียนศึกษาบทเรียนจนจบเนื้อหาแล้วให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนแล้วเก็บคะแนนเอาไว้เพื่อหาประสิทธิภาพ(E_2)

5. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากคะแนนที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทและคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบหลังเรียน แล้วนำไปเทียบเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

6. วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียนเรียน โดยหาค่าความยากง่าย และหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ เพื่อเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนภายหลังจากที่ผู้เรียนได้ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 ถือว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

3.4.1 การหาดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยกำหนดเกณฑ์ว่าค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 138)

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

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 การวิเคราะห์แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยหาค่าความยากง่าย และหาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

1. หาค่าความยากง่าย (Difficulty) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 210 – 211)

$$P = \frac{R}{N}$$

P คือ ความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นถูก

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.80-1.0	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.60-0.79	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)
0.40-0.59	เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)
0.20-0.39	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)
0.00-0.19	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 210 - 211)

$$D = \frac{R_U - R_L}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ D คือ หาอำนาจจำแนกของข้อสอบ

R_U คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L คือ จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N คือ จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

ขอบเขตของค่า D และความหมาย

0.4 ขึ้นไป	อำนาจจำแนกสูง	คุณภาพดีมาก
0.30-0.39	อำนาจจำแนกปานกลาง	คุณภาพดีพอสมควร
0.20-0.29	อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ	คุณภาพพอใช้ได้
0.00-0.19	อำนาจจำแนกต่ำ	คุณภาพใช้ไม่ได้

3. หาค่าความเชื่อมั่น ใช้สูตรที่ KR-20 ของ Kuder-Richardson (อ้างในล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 198)

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

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n คือ จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก

q คือ สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การประเมินคุณภาพของบทเรียนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.หาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean)

การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2543 : 183)

สูตร $\overline{X} = \frac{\sum fx}{n}$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum fx$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2543 : 204)

สูตร $\text{S.D.} = \sqrt{\frac{n\sum fx^2 - \left(\sum fX\right)^2}{n(n-1)}}$

เมื่อ S.D คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน

f คือ ความถี่

$\sum$ คือ ผลรวม

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.4.4 การหาประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับกลุ่มตัวอย่างโดยนำผลการทดสอบ หลังเรียนและการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนมาวิเคราะห์ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80โดยใช้สูตร E1/E2 ดังนี้

วิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ชัยยงค์ พรหมวงศ์.และคณะ. 2520 : 136)

$$\mathbf{E}_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \qquad \mathbf{E}_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ $\mathbf{E}_1$ คือ คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบทเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\mathbf{E}_2$ คือ คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมที่ตอบถูกของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมที่ตอบถูกของแบบทดสอบหลังเรียน

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

2. สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2 กลุ่ม โดยใช้ t- test แบบ dependents(ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2530 : 201-209) ดังนี้

$$\mathbf{t} = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ **t** คือ ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D คือ ค่าผลต่างระหว่างคะแนนหลังเรียนกับก่อนเรียน

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยกำหนดให้ $df = n - 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำไปทดลองใช้กับพนักงานระดับปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากผู้ทรงคุณวุฒิ

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.3 ผลการวิเคราะห์การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจากผู้ทรงคุณวุฒิ

4.1.1การประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาจำนวน 3 ท่าน ได้ผลของการประเมิน สรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

เรื่องที่ประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม	5.00	0.00	ดีมาก
1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
1.6 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.00	0.00	ดี
1.7 ลำดับของการนำเสนอเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
1.8 ความเพียงพอของเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
2. ด้านภาพและตัวอักษร			
2.1 การวางรูปแบบของภาพมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.33	0.58	ดี
2.2 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	4.00	0.00	ดี
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
3. ด้านเวลาในการนำเสนอ			
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา	4.00	0.00	ดี
3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4.00	0.00	ดี
3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	4.33	0.58	ดี
ระดับค่าเฉลี่ยรวม	4.45	0.16	ดี

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อทั้ง 3 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.16 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน ได้ผลของการประเมิน สรุปได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านการนำเสนอและเนื้อหา			
1.1 เทคนิคในการนำเข้าสู่บทเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
1.2 ความเหมาะสมของเมนูหลัก	4.67	0.58	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.33	0.58	ดี
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
1.5 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4.00	0.00	ดี
1.6 ลำดับของการนำเสนอเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
2. ด้านภาพ, ภาษา และเสียง			
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอทำได้อย่างสวยงาม	4.67	0.58	ดีมาก
2.2 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	4.00	0.00	ดี
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้	4.33	0.58	ดี
2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษรที่ใช้	4.33	0.58	ดี
2.5 เสียงบรรยายชัดเจนและถูกต้อง	4.00	0.00	ดี
2.6 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีประกอบ	4.67	0.58	ดีมาก
ระดับค่าเฉลี่ยรวม	4.42	0.38	ดี

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อทั้ง 3 ท่านมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.38 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่ออยู่ในระดับดี

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E_1/E_2)

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ไปทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการหาประสิทธิภาพ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ฉ หน้า 94)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายการที่ประเมิน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ
คะแนนจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน (30 คะแนน)	20	30	24.40	81.33
คะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน (30 คะแนน)	20	30	24.80	82.66

จากตารางที่ 4.3 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมานั้น ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนได้คะแนนเฉลี่ย24.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.33 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 24.80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.66 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/82.66 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80

4.3 ผลการวิเคราะห์การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

จากผลการทำแบบทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย และนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2 กลุ่ม โดยใช้สูตร t- test แบบ Dependents

ตารางที่ 4.4 แสดงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	คะแนนเต็ม	$\sum x$	$\overline{X}$	$\sum D$	$\sum D^2$	t-test
ก่อนเรียน	20	30	251	12.55	245	3085	26.09*
หลังเรียน	20	30	496	24.80			

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน เปรียบเทียบระหว่างการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลที่ได้คือ คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 12.55 คะแนน คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 24.80 คะแนนนำมาหาค่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนโดยใช้ t-test ได้เท่ากับ 26.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบที่ได้นี้แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หมายความว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทำให้เชื่อได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และ ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) เพื่อการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนการเรียนและหลังการเรียน

5.1.2สมมติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

5.1.3ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือพนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ จังหวัดอยุธยาจำนวน 52 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือพนักงานระดับปฏิบัติการ ของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ในจังหวัดอยุธยา จำนวน 20 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง(Purposive Sampling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียน, เนื้อหาบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.35 - 0.75 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 – 0.70 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.83

3.แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ

3.1ด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ได้ค่าเฉลี่ย 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.16

3.2 ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ได้ค่าเฉลี่ย 4.42 และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.38

5.1.5 การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานระดับปฏิบัติการ ของบริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ประเภทสารกึ่งตัวนำในเขตนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ในจังหวัดอยุธยา จำนวน 20 คน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.กำหนดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

2.แนะนำกลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

3.ให้กลุ่มตัวอย่างศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยให้ผู้เรียนศึกษาเรียนด้วยตัวเอง 1 คน ต่อ 1 เครื่อง รวมจำนวนทั้งหมด 20 เครื่อง และเมื่อเข้าสู่บทเรียนผู้เรียนต้องทำแบบฝึกหัดก่อนเรียน โดยหลังจากเรียนจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนแล้ว ได้ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เพื่อวัดผลการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการเรียนจำนวน 3 หน่วยการเรียน หลังจากนั้นทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยจำนวน 30 ข้อ

4.จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน และนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียน กับ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร t – test

5. หาค่าอำนาจจำแนก, ความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่น จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5.1.6การวิเคราะห์ข้อมูล

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1.วิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

2.วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้สูตร t - test

4. หาค่าอำนาจจำแนก, ความยากง่าย และค่าความเชื่อมั่น จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นข้อสอบแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5.1.7สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1.คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเนื้อหาที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ย 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16

2.คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับดี ได้ค่าเฉลี่ย 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38

3. ประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิต ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ฝึกอบรมทำแบบทดสอบท้ายบทได้คะแนนเฉลี่ย 24.4 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 81.33 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 24.8 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 82.66 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.33/82.66 สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

4.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้ฝึกอบรมทั้งก่อนเรียนและหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ผู้เรียนที่ได้เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่ยังไม่ได้เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ บทเรียนที่สร้างมีขึ้นคุณภาพในระดับดีขึ้นไป เห็นได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.45 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องมาจากบทเรียน มีเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน การนำเข้าสู่เนื้อหา ความชัดเจน และทำได้อย่างเหมาะสม ทำให้นักศึกษาสามารถศึกษาได้โดยไม่ผิดวัตถุประสงค์ และจากการประเมินคุณภาพของบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมของผู้ทรงคุณวุฒิในด้านเทคนิคการผลิตสื่อ มีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.38 มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องมาจากบทเรียนมีเทคนิคในการนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ มีเมนูการเข้าสู่เนื้อหาและลำดับขั้นตอนการนำเสนอที่เหมาะสม การจัดวางหน้าจอทำได้อย่างสวยงาม รูปภาพมีความชัดเจน และ มีตัวหนังสือประกอบทุกลำดับขั้นตอนทำให้เข้าใจง่าย รูปแบบของเทคนิคการนำเสนอรูปภาพมีความน่าสนใจ สอดคล้องกับเนื้อหา ตัวอักษรมีขนาดเหมาะสมรวมถึงเสียงดนตรีที่ประกอบช่วยทำให้ผู้ฝึกอบรมมีความเพลิดเพลิน แสดงว่าบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ได้จริงมีประสิทธิภาพ และจากการนำบทเรียนไปทดลองใช้บทเรียนกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คนเป็นพนักงานระดับปฏิบัติการในบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์(ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งเป็นในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ พบว่าจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีผู้เรียนได้คะแนนมากกว่า ร้อยละ 80 ขึ้นไป จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 90 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด(ดังภาคผนวก ฉ ตามตารางที่ 6.4)

จากการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างคือ พนักงานระดับปฏิบัติการของบริษัท ซันโย เซมิคอนดักเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมามีค่าเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 81.33/82.66 โดยเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัทร ทองสามสี (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่อง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบสื่อสารดิจิตอลเรื่องดิจิตอลมอดูเลชั่น หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 80.50/81.25 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างหลังจากเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 โดยผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ12.55 และมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบ หลังเรียนเท่ากับ 24.80 สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุทธี ทับทองดี(2546:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติของท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยมในย่านความถี่สูง ผลการวิจัยพบว่า การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้เรียนมีผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 5.73 และมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 14.86

ผลที่เป็นเช่นนี้อันอาจเนื่องมาจากการที่ผู้ฝึกอบรมได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นรูปแบบบทเรียนที่ใช้รูปแบบจำลองการเรียนรู้ที่เหมาะกับผู้เข้ารับการฝึกอบ ซึ่งมี 5 ขั้นตอน ได้แก่ **1).เร้าความสนใจ (Gain Attention)** เพื่อกระตุ้นและจูงใจผู้เรียนด้วย ขนาดตัวอักษร สีตัวอักษรหรือฉากหน้า สีพื้นหลัง ภาพกราฟิก ความชัดเจนของรูปภาพและเสียงดนตรีประกอบ **2.)บอกวัตถุประสงค์ (Define Objectives)** มีการบอกวัตถุประสงค์ในการเรียนให้ผู้ฝึกอบรม ทราบอย่างชัดเจน **3.)การชี้แนวทางในการเรียนรู้ (Guide Learning)** ผู้วิจัยได้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่จะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ โดยนำปรากฏการทางธรรมชาติและในชีวิตประจำวัน ที่พบเห็นได้ทั่วไปมาเป็นตัวอย่างเปรียบเทียบให้เห็นได้อย่างชัดเจน และได้ใช้รูปแบบเทคนิคการ นำเสนอรูปภาพนิ่ง ภาพวิดีโอสาธิตขั้นตอนการปฏิบัติงาน มีการใส่ตัวหนังสือและเสียงบรรยายควบคู่กันไปให้เข้าใจมากขึ้น **4.)ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)** เป็นการช่วยเร้าความสนใจและเป็นการบอกว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ตรงจุดใด ห่างจากเป้าหมายเพียงใด โดยผู้วิจัยได้ออกแบบให้แบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบทมีการแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบว่าทำแบบทดสอบได้ถูกต้องหรือไม่ ซึ่งถ้าหากว่าผู้เรียนทำแบบทดสอบผิดก็จะเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียน มีความพยายามทำแบบทดสอบให้ถูกต้องโดยสามารถกลับไปทบทวนบทเรียนได้ใหม่อีกครั้ง **5) ประเมินความรู้ (Assess Performance)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ก่อนเรียนระหว่างเรียน ช่วงท้ายบทเรียน ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อวัดค่าผู้เรียน โดยมีการจัดทำแบบทดสอบก่อนเรียนแล้วทำการแสดงผลของคะแนนให้ผู้เรียนได้ทราบก่อนที่จะทำการศึกษาคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากนั้นยังมีการประเมินจากแบบทดสอบท้ายบทเรียนแต่ละบท รวมถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากเรียนครบทุกบทเรียนแล้ว

ดังนั้นบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น สามารถนำไปใช้กับผู้ฝึกอบรมหรือผู้ที่มีความสนใจในเนื้อหาเรื่องนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจากผลการวิจัยของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มีประสิทธิภาพและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากมีเหตุผลที่สนับสนุนให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์สูงขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้สอนสามารถนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไปใช้แทนการเรียนการสอนตามปกติหรือศึกษาเพิ่มเติมได้ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

2. การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นนี้ ควรจะเรียนให้ครบทุกขั้นตอนที่กำหนดและตามลำดับที่กำหนดไว้เพราะผู้เรียนจะได้เรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนและจากง่ายไปยาก แต่ก็ไม่ได้บังคับไว้ เพราะในกรณีที่ผู้เรียนต้องการที่จะทบทวนก็สามารถเลือกเรียนเนื้อหานั้นๆได้ทันที

3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์สามารถที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้ด้วยตัวเองและไม่ควรจำกัดทางเวลา

4. ควรมีการสรุปเนื้อหาหรือหัวข้อที่สำคัญหลังบทเรียน หรือเน้นย้ำโดยการใช้สีของตัวอักษรที่แตกต่างออกไป หรือการใช้การขีดเส้นใต้ข้อความที่สำคัญ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเพิ่มเติมภาพเคลื่อนไหวในบทเรียนให้มากขึ้น เพื่อสื่อความหมายได้ชัดเจนและเพิ่มความสนใจได้มากขึ้น

2. ควรมีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ให้ผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้มากขึ้น

3. ควรมีการออกแบบและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในรูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เนต

4. ควรมีการวิจัยหาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

5. ควรมีการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นี้ไปทดลองเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2531. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน.** คอมพิวเตอร์แม็กกาซีน. (มิถุนายน 2531) : 60-70.

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

ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2530. **สถิติเพื่อการวิจัย.** กรุงเทพมหานคร : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. **เทคโนโลยีทางการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย.** กรุงเทพฯ : โอ.เอส พริ้นติ้ง เฮาส์.

ธีระพล เที่ยงธรรม. 2547. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวนผ่านระบบเครือข่ายอินทราเน็ตวิชาคอมพิวเตอร์เบื้องต้นเรื่องการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปไมโครซอฟท์เอ็กเซล สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช วรรณธนวหะ. 2535. **คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

บุญชม ศรีสะอาด. 2535. **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2526. **หลักการวิจัย.** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ประเสริฐ เลิศชยันตี. 2540. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ช่างอุตสาหกรรม เรื่องการแยกแรงและการหาแรงลัพธ์." วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2540. **เอกสารประกอบการสอนวิชาการวิจัยทางเทคโนโลยีการศึกษา** สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ. 2542-2543. "Designing IMM Computer Instruction การออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน IMMCI." **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม.** 8-15.

พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์. 2531. "การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา." **รวมบทความที่เกี่ยวกับการวิจัยทางการศึกษา.** (เล่ม 2) 11(4) : 2-25. เมษายน-พฤษภาคม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภัทร ทองสามสี. 2547 . “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาระบบสื่อสารดิจิตอล เรื่องดิจิตอลมอดูเลชั่น หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันอาชีวศึกษา พ.ศ. 2546” วิทยานิพนธ์ ศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาวิณี ปานันตา. 2547. “บทเรียนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่องระบบโทรศัพท์เคลื่อน GSM” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มนูชา อ๋อสกุล. 2546. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต วิชาการสื่อสารเส้นใยแสงตามหลักสูตรอุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พ.ศ.2537” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2543. **วิธีวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. **“เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา”.** กรุงเทพฯ : สุวีริยสาส์น.

วิชา โตนิล . 2547. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง วงจรลอจิกแบบลำดับ ” วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศิริชัย นามบุรี. 2542. “การสร้างบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์การสอนวิชาความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์”. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สิทธิพัฒน์ เล็กชะอุ่ม (2545 : บทคัดย่อ) **“การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องทำความเย็น”** หลักสูตรเทคโนโลยีทางการอาชีวะศึกษาและเทคนิคศึกษา.

โสภาพรรณ แสงศัพท์. 2538. **เอกสารประกอบการสอนวิชา 159333 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิทยาศาสตร์.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. เอกสารอัดสำเนา.

สมศักดิ์ จีวัฒนา. 2541. “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล”. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย ศรีสกุลเตียว. 2545. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลซ์สวิตชิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี (พ.ศ. 2543) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมสิน วางขุนทด. 2538. "การศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องวงจรคอมบิเนชั่น วิชาดิจิตอลเทคนิค ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และชุดแบบเรียนสำเร็จรูป กับกลุ่มที่ไม่ได้รับการเรียนเสริม". วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมบูรณ์ ฉัตรอำไพพรรณ. 2547. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการใช้งานเตาอบไมโครเวฟ " วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์(คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุพิทย์ กาญจนพันธ์. 2541. **รวมศัพท์เทคโนโลยีและการสื่อสารเพื่อการศึกษา.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. **การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุธี ทับทองดี. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติของท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยมในย่านความถี่สูง" วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อดิศัย ตั้งรุจิกุล.2547. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อสอนเสริม เรื่อง การใช้งานระบบปฏิบัติการยูนิกซ์เบื้องต้น สำหรับพนักงานของบริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด(มหาชน)" วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์(คอมพิวเตอร์) บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อาจณรงค์ มโนสุทธิฤทธิ์ .2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เรื่อง หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ " วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษาทางการอาชีวะและเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อโณทัย พุ่มสะอาด .2547. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง วงจรสวิทช์บันได” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต หลักสูตรและการสอนอาชีวศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อธิพร ศรียมก. 2532. **การประเมินผลสื่อการสอน.**หน่วยที่ 11 – 15, หน้า 245-253. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	หนังสือราชการ
ภาคผนวก ข	รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ
ภาคผนวก ค	แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านเนื้อหา)
ภาคผนวก ง	แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ด้านการผลิตสื่อ)
ภาคผนวก จ	แบบทดสอบก่อนเรียน แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก ฉ	การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง
ภาคผนวก ช	ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

1.นายศรัณย์ รินคำ รหัสประจำตัว 43064644 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON ELECTROSTATIC DISCHARGE IN ELECTRONICS INDUSTRIAL)" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 11 ธันวาคม 2547

2.นายกิติพงษ์ เนียมนัด รหัสประจำตัว 46065504 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "ความคิดเห็นของวิศวกรไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีต่อผู้จบการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สถาบันการอาชีวศึกษา (OPINIONS OF ELECTRICAL ENGINEER ON DIPLOMA GRADUATES IN ELECTRICAL POWER EDUCATION CURRICULUM OF VOCATIONAL EDUCATION INSTITUTE)" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

3.นางสาวปัทมา พุ่มทับทิม รหัสประจำตัว 46065522 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ฮิตาชิ รุ่น SJ200 (COMPETENCY BASED SKILL TRAINING ON SJ200 HITACHI INVERTER INSTALLATION)" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 28 มกราคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2548

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04 / 3788

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการวิจัย

เรียน นายเกษม สุขสบาย

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายศรัณย์ รินคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายศรัณย์ รินคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน **โทร.** 3692

ที่ ศธ 0524.04/ 3723 วันที่ 26 สิงหาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

ด้วย นายศรัณย์ รินคำ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัย ของนายศรัณย์ รินคำ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเทคนิคการผลิตสื่อเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ที่ ๒๒๖ /2546

เรื่อง แต่งตั้งคณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและ

เค้าโครงวิทยานิพนธ์ ของ นายศรัณย์ รินคำ

เพื่อให้การเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ของ นายศรัณย์ รินคำ รหัสประจำตัว 43064644 เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและมีประสิทธิภาพจึงแต่งตั้งคณะกรรมการเพื่อควบคุมและพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1. คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์
ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

2. คณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	ประธานกรรมการ
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	กรรมการ
ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	กรรมการ
ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	กรรมการ
ผศ.ภฤษฎา	ไตรสุรัตน์	กรรมการ

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๙ กรกฎาคม พ.ศ. 2546

(รองศาสตราจารย์ รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

1. นายประสบโชค ทิพย์แก้ว วิศวกรอาวุโส แผนก แอล เอส ไอ
บริษัท ซันโยเซมิคอนดักเตอร์ ประเทศไทย จำกัด

2.นาย กิติยศ สาคริก ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม
บริษัท สยามอินทิเกรชั่น จำกัด

3. นาย วสันต์ คงสิน ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมการผลิต
บริษัท นิเด็ก ไฮเทค มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

1.ผศ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาคครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

2.ผศ. อรรถพร ฤทธิเกิด ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาคครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. อาจารย์ เกษม สุขสบาย หัวหน้างานสื่อการเรียนการสอน
วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(ด้านเนื้อหา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

(ด้านเนื้อหาวิชา)

เรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

<u>คำชี้แจง</u>

1. โปรดกาเครื่องหมาย (√) ลงในช่องว่างที่เป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับ ความคิดเห็นของท่าน โดยให้ระดับคะแนนดังนี้

5	หมายถึง	ดีมาก
4	หมายถึง	ดี
3	หมายถึง	ปานกลาง
2	หมายถึง	พอใช้
1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

2. ให้ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

รายการที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ 1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
1.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม					
1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.6 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
1.7 ลำดับของการนำเสนอเนื้อหา					
1.8 ความเพียงพอของเนื้อหา					
ด้านภาพและตัวอักษร 2.1 การวางรูปแบบของภาพมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
2.2 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย					
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
ด้านเวลาในการนำเสนอ 3.1 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา					
3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย					
3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(ด้านการผลิตสื่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

(ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ)

เรื่องบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องความสำคัญของไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

<u>คำชี้แจง</u>

1. โปรดกาเครื่องหมาย (√) ลงในช่องว่างที่เป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับ ความคิดเห็นของท่าน โดยให้ระดับคะแนนดังนี้

5	หมายถึง	ดีมาก
4	หมายถึง	ดี
3	หมายถึง	ปานกลาง
2	หมายถึง	พอใช้
1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

2. ให้ท่านแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านการนำเสนอและเนื้อหา					
1.1 เทคนิคในการนำเข้าสู่บทเรียน					
1.2 ความเหมาะสมของเมนูหลัก					
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา					
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม					
1.5 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน					
1.6 ลำดับของการนำเสนอเนื้อหา					
ด้านภาพ, ภาษา และเสียง					
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอทำได้อย่างสวยงาม					
2.2 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย					
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้					
2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษรที่ใช้					
2.5 เสียงบรรยายชัดเจนและถูกต้อง					
2.6 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีประกอบ					

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

1. แบบทดสอบก่อนเรียน
2. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบทดสอบก่อนเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบก่อนเรียน

1. ESD ย่อมาจาก
   - ก. Electrostatic Decrease
   - ***ข. Electrostatic Discharge***
   - ค. Electronic System Design
   - ง. Energy for Sustainable Development

2. ข้อใดคือการเกิดปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตแบบ Macroscopic
   - ***ก. ฟ้าแลบ***
   - ข. เสื้อผ้าที่ยับลู่ติดตัว
   - ค. การเกิดฝุ่นหนาเกาะจับตามหน้าจอโทรทัศน์
   - ง. การเกิดไฟฟ้าดูดเมื่อเราจับโลหะ

3. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟฟ้าสถิต
   - ก. การสัมผัสแล้วแยกออกจากกันของวัตถุสองชนิด
   - ข. ฟ้าแลบ
   - ค. Triboelectric
   - ***ง. ฝนตก***

4. มนุษย์เราจะสามารถรู้สึกถึงการเกิดไฟฟ้าสถิตได้ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า(Voltage) เท่าไหร่
   - ก. 50 Volts
   - ข. 100 Volts
   - ค. 300 Volts
   - ***ง. 500 Volts***

5. วัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เข้าพวก
   - ***ก. โลหะ***
   - ข. พลาสติก
   - ค. ไม้
   - ง. เซรามิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อใดเป็นปัจจัยที่เป็นผลให้เกิดประจุไฟฟ้า

ก. ชนิดของวัสดุ

ข. การขัดสีกันระหว่างวัสดุ

ค. ความชื้นสัมพัทธ์

ง. ถูกทุกข้อ

7. ESD หมายถึงอะไร

ก. การเสียดสีกันของวัตถุสองชนิด

ข. ศักย์ไฟฟ้า

ค. ประจุไฟฟ้า

ง. การถ่ายเทประจุของไฟฟ้าสถิต

8. กิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตชนิดใดเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด

ก. การนั่งทำงานอยู่บนโต๊ะ

ข. การนำกระดาษเข้าออกซองไวนิล

ค. การหยิบซองพลาสติกขึ้นจากโต๊ะ

ง. การเดินบนพื้นปูพรม

9. Static Dissipative Material เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านใด

ก. วัสดุที่มีการป้องกันไฟฟ้าสถิต

ข. วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดประจุ

ค. วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า

ง. วัสดุที่มีการกระจายประจุ

10. หากต้องการให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติประเภทใด

ก. Conductive

ข. Antistatic

ค. Static Dissipative

ง. Shielding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.ข้อใดไม่ใช่แบบจำลองการเกิดการถ่ายเทประจุ

ก. Human Body Model

ข. Charge Discharge Model

ค. Charge Device Model

ง. Machine Model

12.ข้อใดไม่ใช่จุดประสงค์ของการศึกษาความเสียหายต่างๆอันเนื่องมาจาก ESD

ก. สร้างมาตรฐานในการทดสอบความเสียหาย

ข. ทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ต่อการถ่ายเทประจุ

ค. เป็นเครื่องมือในการจำลองความเสียหายให้กับอุปกรณ์เพื่อการศึกษา

ง. ถูกทุกข้อ

13.ข้อใดคือแบบจำลองความเสียหายที่พยายามเลียนแบบผลที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุจากผู้ปฏิบัติการสู่ตัวอุปกรณ์

ก. Charge Device Model

ข. Human Body Model

ค. Machine Model

ง. Mechanical Model

14.แบบจำลองการเกิด ESD ชนิดใดแสดงให้เห็นว่า เป็นแบบที่สร้างความเสียหายได้มากที่สุด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

15.ความเสียหายอันเนื่องมาจาก EOS นั้นทำให้อุปกรณ์ได้รับศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นเวลานานเท่าไหร่จึงจะทำให้เกิดความเสียหายได้

ก. 20 μS

ข. 30 μS

ค. 40 μS

ง. *50* μS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก EOS

ก. มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อัตราขยายต่ำ

ข. Bond Wire เกิดการหลอมละลาย

ค. ผิวหน้าของ Die มีรอยไหม้

ง. หากรุนแรงสามารถทำความเสียหายให้แก่ Metal Line ได้

17.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก ESD

ก. ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ข. เกิดการเปลี่ยนสีของบริเวณที่ไหม้หรือบริเวณที่เสียหาย

ค. Threshold Voltage ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงานเปลี่ยนแปลงไป

ง. คุณสมบัติด้านกระแสและศักย์ไฟฟ้าของรอยต่อPN ลดลง

18.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะความเสียหายที่เกิดต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. Insulator Breakdown

ข. Metalization Burn Out

ค. Junction Damage

ง. Latent Failure

19.เราใช้หลักเกณฑ์ใดในการจัดแบ่งประเภทของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. ชนิดของวัสดุ

ข. ความทนทานต่อศักย์ไฟฟ้า

ค. ลักษณะการทำงาน

ง. ถูกทุกข้อ

20.การที่ผู้ปฏิบัติงานเดินบนพื้นที่ไม่ได้มีการควบคุม ESD ก็จะก่อให้เกิดการสะสมประจุไฟฟ้าบนตัวของผู้ปฏิบัติงานและจากนั้นก็จะเกิดการถ่ายเทประจุไปยังชิ้นงานเมื่อมีการสัมผัสกับชิ้นงาน กิจกรรมที่กล่าวมานี้จัดเป็นแบบจำลองการถ่ายเทประจุชนิดใด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21.ข้อใดไม่ใช่หลักการเบื้องต้นในการควบคุม ESD

ก. การกำจัดและลดการเกิดประจุ

ข. การกระจายประจุออกและทำให้เป็นกลาง

ค. ระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

ง. การเสียดสีและแยกออกจากกันของวัสดุต่างชนิดกัน

22.การที่ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็น Electrostatic Dissipative เป็นหลักการควบคุมESD ข้อใด

ก. การออกแบบเพื่อให้ทนทานต่อ ESD

ข. การกระจายประจุออก

ค. การปกป้องชิ้นส่วนและอุปกรณ์

ง. การระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

23.สำหรับวัสดุที่เป็นฉนวน การต่อสายดินเพื่อให้ประจุที่เกิดขึ้นไหลลงดินนั้นไม่สามารถที่จะทำได้ เราสามารถใช้อุปกรณ์ชนิดใดที่ทำให้วัสดุเหล่านี้สามารถป้องกัน ESD โดยทำตัวมันให้เป็นกลาง

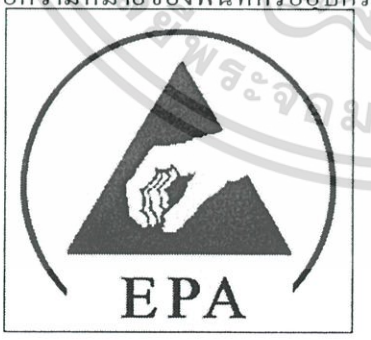
ก. Wrist Strap

ข. ESD Table Mat

ค. Heel Grounder

ง. Ionizer

24.ข้อใดคือความหมายของพื้นที่หรืออปกรณ์ที่มีสัญลักษณ์“EPA”ติดอยู่



ก. การระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

ข. พื้นที่หรืออุปกรณ์ที่มีชิ้นงานไวต่อ ESD

ค. พื้นที่หรืออุปกรณ์ที่มีการป้องกัน ESD แล้ว

ง. พื้นที่ที่ต้องการป้องกัน ESD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25.ข้อใดไม่ใช่อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกัน ESD

ก. Wrist Strap

ข. Ionizer

ค. Conductive Box

ง. PVC Table Mat

26.ข้อใดคือคุณสมบัติของวัสดุที่เรียกว่า Low Charging Material

ก. กำเนิดประจุได้น้อย

ข. ป้องกันการถ่ายเทประจุ

ค. ป้องกันชิ้นงานจากสนามไฟฟ้า

ง. ช่วยในการกระจายประจุออก

27.แผนกที่ต้องมีหน้าที่ในการ Audit เกี่ยวกับ ESD คือแผนกใด

ก. แผนกวิศวกรรม

ข. แผนกการผลิต

ค. แผนกทดสอบ

ง. แผนกควบคุมคุณภาพ

28.คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการป้องกัน ESD ชนิดใดมีค่าความต้านทานน้อยที่สุด

ก. Conductive

ข. Dissipative

ค. Low Charging

ง. Shielding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

29.ใน Wrist Strap จะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด ที่มีไว้เพื่อความปลอดภัยไม่ให้พนักงานถูกไฟฟ้าดูดในกรณีที่สัมผัสกับเครื่องจักรที่อาจมีไฟฟ้ารั่วอยู่

ก. Diode

ข. Resistor

ค. Capacity

ง. LED

30.วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็น Low Charging Material นั้น ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ไม่ควรเกินข้อใด

ก. 100 Volts

ข. 200 Volts

ค. 300 Volts

ง. 400 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดท้ายบท

บทเรียนหน่วยที่ 1

1.ข้อใดคือการเกิดปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตแบบ **Macroscopic**

ก. ฟ้าแลบ

ข. เสื้อผ้าที่ยับลู่ติดตัว

ค. การเกิดฝุ่นหนาเกาะจับตามหน้าจอโทรทัศน์

ง. การเกิดไฟฟ้าดูดเมื่อเราจับโลหะ

2. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟฟ้าสถิต

ก. การสัมผัสแล้วแยกออกจากกันของวัตถุสองชนิด

ข. ฟ้าแลบ

ค. Triboelectric

ง. ฝนตก

3. ESD ย่อมาจาก

ก. Electrostatic Decrease

ข. Electrostatic Discharge

ค. Electronic System Design

ง. Energy for Sustainable Development

4. มนุษย์เราจะสามารถรู้สึกถึงการเกิดไฟฟ้าสถิตได้ที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า(Voltage) เท่าไหร่

ก. 50 Volts

ข. 100 Volts

ค. 300 Volts

ง. 500 Volts

5. วัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เข้าพวก

ก. โลหะ

ข. พลาสติก

ค. ไม้

ง. เซรามิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ข้อใดเป็นปัจจัยที่เป็นผลให้เกิดประจุไฟฟ้า

   ก. ชนิดของวัสดุ

   ข. การขัดสีกันระหว่างวัสดุ

   ค. ความชื้นสัมพัทธ์

   ง. ถูกทุกข้อ

7. ESD หมายถึงอะไร

   ก. การเสียดสีกันของวัตถุสองชนิด

   ข. ศักย์ไฟฟ้า

   ค. ประจุไฟฟ้า

   ง. การถ่ายเทประจุของไฟฟ้าสถิต

8. กิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตชนิดใดเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด

   ก. การนั่งทำงานอยู่บนโต๊ะ

   ข. การนำกระดาษเข้าออกซองไวนิล

   ค. การหยิบซองพลาสติกขึ้นจากโต๊ะ

   ง. การเดินบนพื้นปูพรม

9. Static Dissipative Material เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติด้านใด

   ก. วัสดุที่มีการป้องกันไฟฟ้าสถิต

   ข. วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดประจุ

   ค. วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า

   ง. วัสดุที่มีการกระจายประจุ

10. หากต้องการให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติประเภทใด

    ก. Conductive

    ข. Antistatic

    ค. Static Dissipative

    ง. Shield

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบท้ายบท

บทเรียนหน่วยที่ 2

1.ข้อใดไม่ใช่แบบจำลองการเกิดการถ่ายเทประจุ

ก. Human Body Model

ข. Charge Discharge Model

ค. Charge Device Model

ง. Machine Model

2. ข้อใดไม่ใช่จุดประสงค์ของการศึกษาความเสียหายต่างๆอันเนื่องมาจาก ESD

ก. สร้างมาตรฐานในการทดสอบความเสียหาย

ข. ทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ต่อการถ่ายเทประจุ

ค. เป็นเครื่องมือในการจำลองความเสียหายให้กับอุปกรณ์เพื่อการศึกษา

ง. ถูกทุกข้อ

3 .ข้อใดคือแบบจำลองความเสียหายที่พยายามเลียนแบบผลที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุจากผู้ปฏิบัติการสู่ตัวอุปกรณ์

ก. Charge Device Model

ข. Human Body Model

ค. Machine Model

ง. Mechanical Model

4.แบบจำลองการเกิด ESD ชนิดใดแสดงให้เห็นว่า เป็นแบบที่สร้างความเสียหายได้มากที่สุด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ความเสียหายอันเนื่องมาจาก EOS นั้นทำให้อุปกรณ์ได้รับศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นเวลานานเท่าไหร่จึงจะก่อให้เกิดความเสียหายได้

ก. 20 μS

ข. 30 μS

ค. 40 μS

ง. 50 μS

6. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก EOS

ก. มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อัตราขยายต่ำ

ข. Bond Wire เกิดการหลอมละลาย

ค. ผิวหน้าของ Die มีรอยไหม้

ง. หากรุนแรงสามารถทำความเสียหายให้แก่ Metal Line ได้

7.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก ESD

ก. ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ข. เกิดการเปลี่ยนสีของบริเวณที่ไหม้หรือบริเวณที่เสียหาย

ค. Threshold Voltage ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงานเปลี่ยนแปลงไป

ง. คุณสมบัติด้านกระแสและศักย์ไฟฟ้าของรอยต่อPN ลดลง

8.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะความเสียหายที่เกิดต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. Insulator Breakdown

ข. Metalization Burn Out

ค. Junction Damage

ง. Latent Failure

9.เราใช้หลักเกณฑ์ใดในการจัดแบ่งประเภทของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. ชนิดของวัสดุ

ข. ความทนทานต่อศักย์ไฟฟ้า

ค. ลักษณะการทำงาน

ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.การที่ผู้ปฏิบัติงานเดินบนพื้นที่ไม่ได้มีการควบคุม ESD ก็จะก่อให้เกิดการสะสมประจุไฟฟ้าบนตัวของผู้ปฏิบัติงานและจากนั้นก็จะเกิดการถ่ายเทประจุไปยังชิ้นงานเมื่อมีการสัมผัสกับชิ้นงาน กิจกรรมที่กล่าวมานี้จัดเป็นแบบจำลองการถ่ายเทประจุชนิดใด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. .ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับการเกิดไฟฟ้าสถิต

ก. การสัมผัสแล้วแยกออกจากกันของวัตถุสองชนิด

ข. ฟ้าแลบ

ค. Triboelectric

ง. ฝนตก

2.ข้อใดคือการเกิดปรากฏการณ์เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตแบบ Macroscopic

ก. ฟ้าแลบ

ข. เสื้อผ้าที่ยับลู่ติดตัว

ค. การเกิดฝุ่นหนาเกาะจับตามหน้าจอโทรทัศน์

ง. การเกิดไฟฟ้าดูดเมื่อเราจับโลหะ

3.ESD เป็นตัวย่อของข้อใด

ก. Electrostatic Decrease

ข. Electrostatic Discharge

ค. Electronic System Design

ง. Energy for Sustainable Development

4.มนุษย์เราจะสามารถรู้สึกถึงการเกิดไฟฟ้าสถิตได้ที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า(Voltage) ประมาณเท่าไหร่

ก. 50 Volts

ข. 100 Volts

ค. 300 Volts

ง. 500 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.วัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าไม่เข้าพวก

ก. โลหะ

ข. พลาสติก

ค. ไม้

ง. เซรามิค

6.ข้อใดเป็นปัจจัยที่เป็นผลที่ทำให้เกิดประจุไฟฟ้า

ก. ชนิดของวัสดุ

ข. การขัดสีกันระหว่างวัสดุ

ค. ความชื้นสัมพัทธ์

ง. ถูกทุกข้อ

7. ESD หมายถึงข้อใด

จ. การเสียดสีกันของวัตถุสองชนิด

ฉ. ศักย์ไฟฟ้า

ช. ประจุไฟฟ้า

ซ. การถ่ายเทประจุของไฟฟ้าสถิต

8.กิจกรรมที่ทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตชนิดใดเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้ามากที่สุด

ก. การนั่งทำงานอยู่บนโต๊ะ

ข. การนำกระดาษเข้าออกซองไวนิล

ค. การหยิบซองพลาสติกขึ้นจากโต๊ะ

ง. การเดินบนพื้นปูพรม

9.Static Dissipative Material เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าด้านใด

ก. วัสดุที่มีการป้องกันไฟฟ้าสถิต

ข. วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดประจุ

ค. วัสดุที่เป็นตัวนำไฟฟ้า

ง. วัสดุที่มีการกระจายประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.หากต้องการให้เกิดการถ่ายเทประจุไฟฟ้าลงสู่พื้นอย่างรวดเร็วควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติประเภทใด

ก. Conductive

ข. Antistatic

ค. Static Dissipative

ง. Shielding

11.ข้อใดไม่ใช่แบบจำลองการเกิดการถ่ายเทประจุ

ก. Human Body Model

ข. Charge Discharge Model

ค. Charge Device Model

ง. Machine Model

12.ข้อใดไม่ใช่จุดประสงค์ของการศึกษาความเสียหายต่างๆอันเนื่องมาจาก ESD

ก. สร้างมาตรฐานในการทดสอบความเสียหาย

ข. ทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ต่อการถ่ายเทประจุ

ค. เป็นเครื่องมือในการจำลองความเสียหายให้กับอุปกรณ์เพื่อการศึกษา

ง. ถูกทุกข้อ

13.ข้อใดคือแบบจำลองความเสียหายที่พยายามเลียนแบบผลที่เกิดขึ้นจากการถ่ายเทประจุจากผู้ปฏิบัติการสู่ตัวอุปกรณ์

ก. Charge Device Model

ข. Human Body Model

ค. Machine Model

ง. Mechanical Model

14.แบบจำลองการเกิด ESD ชนิดใดแสดงให้เห็นว่า เป็นแบบที่สร้างความเสียหายได้มากที่สุด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15.ความเสียหายอันเนื่องมาจาก EOS นั้นทำให้อุปกรณ์ได้รับศักย์ไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเป็นเวลานานเท่าไหร่จึงจะทำให้เกิดความเสียหายได้

ก. 20 μS

ข. 30 μS

ค. 40 μS

ง. 50 μS

16.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก EOS

ก. มองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อัตราขยายต่ำ

ข. Bond Wire เกิดการหลอมละลาย

ค. ผิวหน้าของ Die มีรอยไหม้

ง. หากรุนแรงสามารถทำความเสียหายให้แก่ Metal Line ได้

17.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะบ่งชี้ความเสียหายที่มาจาก ESD

ก. ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์

ข. เกิดการเปลี่ยนสีของบริเวณที่ไหม้หรือบริเวณที่เสียหาย

ค. Threshold Voltage ที่ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงานเปลี่ยนแปลงไป

ง. คุณสมบัติด้านกระแสและศักย์ไฟฟ้าของรอยต่อPN ลดลง

18.ข้อใดไม่ใช่ลักษณะความเสียหายที่เกิดต่อโครงสร้างของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. Insulator Breakdown

ข. Metalization Burn Out

ค. Junction Damage

ง. Latent Failure

19.เราใช้หลักเกณฑ์ใดในการจัดแบ่งประเภทของอุปกรณ์ที่ไวต่อ ESD

ก. ชนิดของวัสดุ

ข. ความทนทานต่อศักย์ไฟฟ้า

ค. ลักษณะการทำงาน

ง. ถูกทุกข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20.การที่ผู้ปฏิบัติงานเดินบนพื้นที่ไม่ได้มีการควบคุม ESD ก็จะก่อให้เกิดการสะสมประจุไฟฟ้าบนตัวของผู้ปฏิบัติงานและจากนั้นก็จะเกิดการถ่ายเทประจุไปยังชิ้นงานเมื่อมีการสัมผัสกับชิ้นงาน กิจกรรมที่กล่าวมานี้จัดเป็นแบบจำลองการถ่ายเทประจุชนิดใด

ก. HBM

ข. CDM

ค. MMM

ง. MM

21.ข้อใดไม่ใช่หลักการเบื้องต้นในการควบคุม ESD

ก. การกำจัดและลดการเกิดประจุ

ข. การกระจายประจุออกและทำให้เป็นกลาง

ค. ระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

ง. การเสียดสีและแยกออกจากกันของวัสดุต่างชนิดกัน

22.การที่ใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็น Electrostatic Dissipative เป็นหลักการควบคุมESD ข้อใด

ก. การออกแบบเพื่อให้ทนทานต่อ ESD

ข. การกระจายประจุออก

ค. การปกป้องชิ้นส่วนและอุปกรณ์

ง. การระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

23.สำหรับวัสดุที่เป็นฉนวน การต่อสายดินเพื่อให้ประจุที่เกิดขึ้นไหลลงดินนั้นไม่สามารถที่จะทำได้ เราสามารถใช้อุปกรณ์ชนิดใดที่ทำให้วัสดุเหล่านี้สามารถป้องกัน ESD โดยทำตัวมันให้เป็นกลาง

ก. Wrist Strap

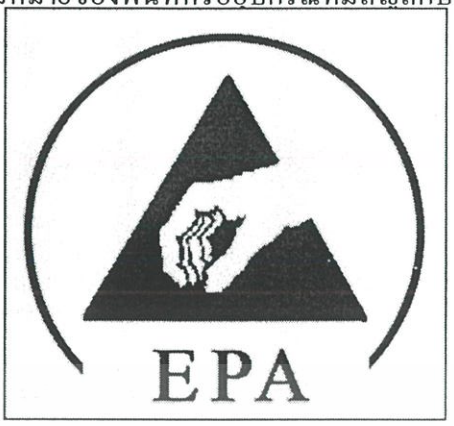
ข. ESD Table Mat

ค. Heel Grounder

ง. Ionizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24.ข้อใดคือความหมายของพื้นที่หรืออุปกรณ์ที่มีสัญลักษณ์“EPA”ติดอยู่



ก. การระบุพื้นที่ทำงานที่อาจมีปัญหา

ข. พื้นที่หรืออุปกรณ์ที่มีชิ้นงานไวต่อ ESD

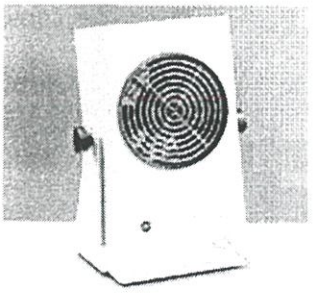
ค. พื้นที่หรืออุปกรณ์ที่มีการป้องกัน ESD แล้ว

จ. พื้นที่ที่ต้องทีการป้องกัน ESD

25.ข้อใดไม่ใช่อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกัน ESD

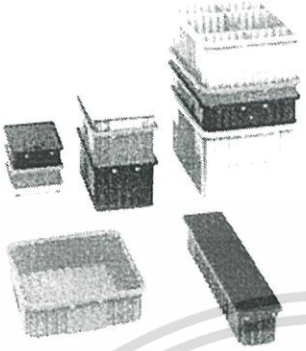
ก. Wrist Strap

ข. Ionizer



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. Conductive Box



ง. PVC Table Mat

26.ข้อใดคือคุณสมบัติของวัสดุที่เรียกว่า Low Charging Material

ก. กำเนิดประจุได้น้อย

ข. ป้องกันการถ่ายเทประจุ

ค. ป้องกันชิ้นงานจากสนามไฟฟ้า

ง. ช่วยในการกระจายประจุออก

27.แผนกที่ต้องมีหน้าที่ในการ Audit เกี่ยวกับ ESD คือแผนกใด

ก. แผนกวิศวกรรม

ง. แผนกการผลิต

ค. แผนกทดสอบ

ง. แผนกควบคุมคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28.คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ในการป้องกัน ESD ชนิดใดมีค่าความต้านทานน้อยที่สุด

ก. Conductive

ข. Dissipative

ค. Low Charging

ง. Shielding

29.ใน Wrist Strap จะมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด ที่มีไว้เพื่อความปลอดภัยไม่ให้พนักงานถูกไฟฟ้าดูดในกรณีที่สัมผัสกับเครื่องจักรที่อาจมีไฟฟ้ารั่วอยู่

ก. Diode

ข. Resistor

ค. Capacity

ง. LED

30.วัสดุที่มีคุณสมบัติเป็น Low Charging Material นั้น ค่าศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้ไม่ควรเกินข้อใด

ก. 100 Volts

ข. 200 Volts

ค. 300 Volts

ง. 400 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม(IOC)
2. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
5. ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่ายและ ค่าความเชื่อมั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม(IOC)

ตารางที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม(IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

ข้อสอบข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน			รวม	ค่า IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
4	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
5	0	0	0	0	0.00	ปรับปรุง
6	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
7	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
10	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
11	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
12	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
13	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
15	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
17	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
20	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวม	ค่า IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
22	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
26	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
27	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
29	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ตารางที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย แสดงคะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง 20 คน

คนที่ (จำนวน20 คน)	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายบท 3 หน่วยการเรียน รวมคะแนนเต็ม 30 คะแนน		คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ คะแนนเต็ม 30 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	24	80.00	21	70.00
2	24	80.00	23	76.67
3	25	83.33	26	86.67
4	24	80.00	25	83.33
5	23	76.67	24	80.00
6	26	86.67	26	86.67
7	24	80.00	25	83.33
8	23	76.67	24	80.00
9	24	80.00	25	83.33
10	25	83.33	24	80.00
11	24	80.00	25	83.33
12	24	80.00	24	80.00
13	23	76.67	24	80.00
14	26	86.67	25	83.33
15	26	86.67	27	90.00
16	25	83.33	25	83.33
17	26	86.67	28	93.33
18	22	73.33	24	80.00
19	25	83.33	26	86.67
20	25	83.33	25	83.33
คะแนนเฉลี่ย	24.40	-	24.80	-
คิดเป็นร้อยละ	-	$E_1 = 81.33$	-	$E_2 = 82.67$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิเคราะห์คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ประเมิน ซึ่งแบ่งออกเป็นสองด้าน คือ คุณภาพทางด้านเนื้อหาและคุณภาพทางด้านการผลิตสื่อ

ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ส่วนทางด้านการผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			$\overline{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1.ด้านการนำเสนอและเนื้อหา						
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.2 เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.6 บทเรียนมีลักษณะจูงใจ น่าสนใจในการเรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.7 ลำดับของการนำเสนอเนื้อหา	4	5	5	4.33	0.58	ดี
1.8 ความเพียงพอของเนื้อหา	5	4	4	4.33	0.58	ดี
2.ด้านภาพและตัวอักษร						
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2.2 ความเหมาะสมของภาพในด้านการสื่อความหมาย	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
3.ด้านเวลาในการนำเสนอ						
3.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
รวม	62	62	63	62.33	2.31	-
ระดับค่าเฉลี่ยรวม	**4.43**	**4.43**	**4.50**	**4.45**	**0.16**	**ดี**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 3 ท่าน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น			$\overline{X}$	S.D.	ความหมาย
	คนที่1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านการนำเสนอและเนื้อหา						
1.1 เทคนิคในการนำเข้าสู่บทเรียน	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
1.2 ความเหมาะสมของเมนูหลัก	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา	4	4	5	4.33	0.58	ดี
1.4 ความเหมาะสมในการนำเสนอชัดเจนและเหมาะสม	5	4	4	4.33	0.58	ดี
1.5 บทเรียนที่มีลักษณะจูงใจน่าสนใจในการเรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
1.6 ลำดับการนำเสนอเนื้อหา	5	5	5	4.67	0.00	ดีมาก
2. ด้านภาพ, ภาษา และเสียง						
2.1 การวางรูปแบบของหน้าจอทำได้อย่างสวยงาม	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
2.2 ความเหมาะสมของภาพทางด้านการสื่อความหมาย	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2.4 ความเหมาะสมของรูปแบบตัวอักษรที่ใช้	4	5	4	4.33	0.58	ดี
2.5 เสียงบรรยายชัดเจนและถูกต้อง	4	4	4	0.00	0.00	ดี
2.6 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีประกอบ	4	5	5	4.60	0.58	ดีมาก
รวม	51.00	54.00	54.00	53.00	4.61	
ระดับค่าเฉลี่ยรวม	4.25	4.50	4.50	4.42	0.38	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ตารางที่ 6.7 ผลการวิเคราะห์การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คนที่	คะแนนการทดสอบก่อนเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	คะแนนการทดสอบหลังเรียน (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)	D(ผลต่าง)	D^2
1	12	21	9	81
2	14	23	9	81
3	11	26	15	225
4	14	25	11	121
5	13	24	11	121
6	12	26	14	196
7	15	25	10	100
8	12	24	12	144
9	11	25	14	196
10	12	24	12	144
11	12	25	13	169
12	13	24	11	121
13	13	24	11	121
14	12	25	13	169
15	13	27	14	196
16	10	25	15	225
17	16	28	12	144
18	13	24	11	121
19	9	26	17	289
20	14	25	11	121
รวม	**251**	**496**	**245**	**3085**
คะแนนเฉลี่ย	**12.55**	**24.80**	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบนัยสำคัญความแตกต่างระหว่างคะแนนการทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียนโดย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังต่อไปนี้

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \quad ; \; df = n - 1$$

เมื่อ D คือ ผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

n คือ จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

df คือ Degree of Freedom

$\sum D = 245$

$n\sum D^2 = 61700$

$\left(\sum D\right)^2 = 60025$

$n-1 = 19$

ดังนั้นค่า t- test = 26.09

ที่ระดับความมีนัยสำคัญที่ 0.05 (df = 20-1) ตารางมีค่าเท่ากับ 1.729 ค่า t ที่คำนวณได้ (26.09) มีค่ามากกว่าค่า t ที่เปิดจากตาราง แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่ายและ ค่าความเชื่อมั่น

ตารางที่ 6.8 ค่าอำนาจจำแนก ค่าความยากง่าย

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
1	0.50	0.40
2	0.70	0.20
3	0.70	0.20
4	0.70	0.20
5	0.65	0.30
6	0.45	0.70
7	0.70	0.20
8	0.55	0.30
9	0.70	0.20
10	0.45	0.30
11	0.50	0.40
12	0.70	0.20
13	0.50	0.40
14	0.75	0.30
15	0.75	0.30
16	0.35	0.50
17	0.70	0.20
18	0.75	0.50
19	0.70	0.20
20	0.60	0.40
21	0.55	0.50
22	0.55	0.30
23	0.50	0.60
24	0.65	0.30
25	0.70	0.20
26	0.50	0.40
27	0.65	0.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.8 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (D)
28	0.65	0.30
29	0.65	0.30
30	0.70	0.20
ค่าเฉลี่ย	**0.62**	**0.33**

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ KR-20 ของ Kuder Richardson มีค่าเท่ากับ 0.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

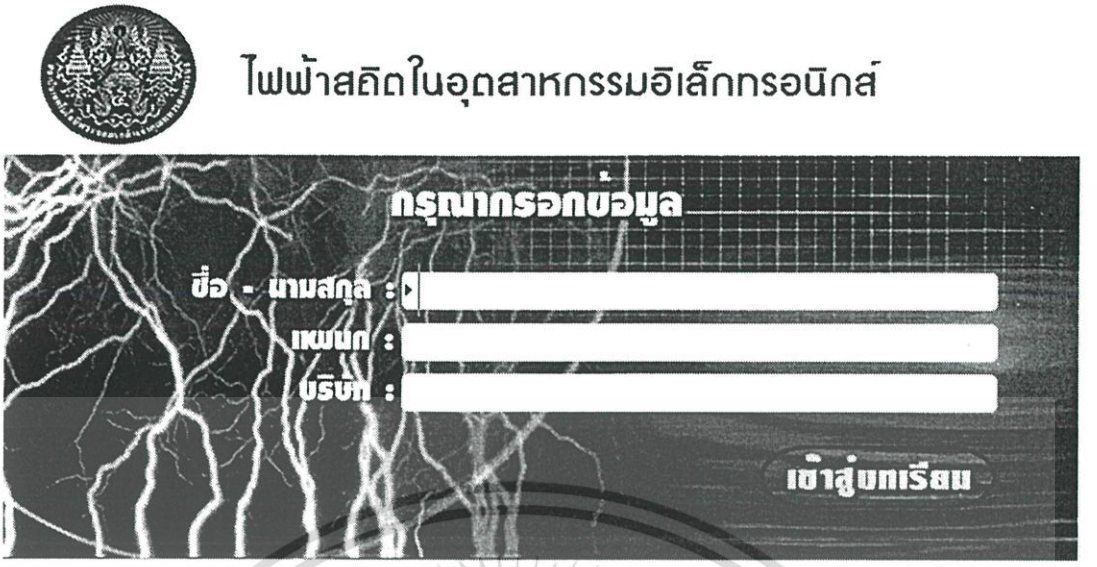
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างหน้าจอต่อไปนี้ เป็นหน้าจอขณะใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 6.1 หน้าจอไตเติล

รูปที่ 6.2 หน้าจอนำเข้าสู่บทเรียน

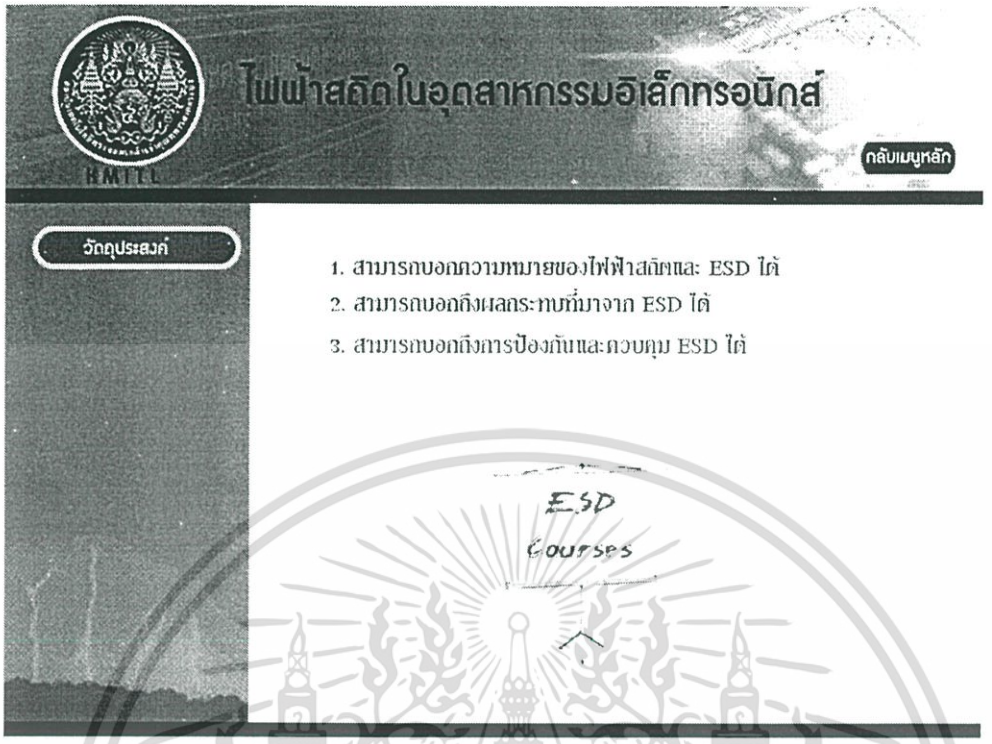
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



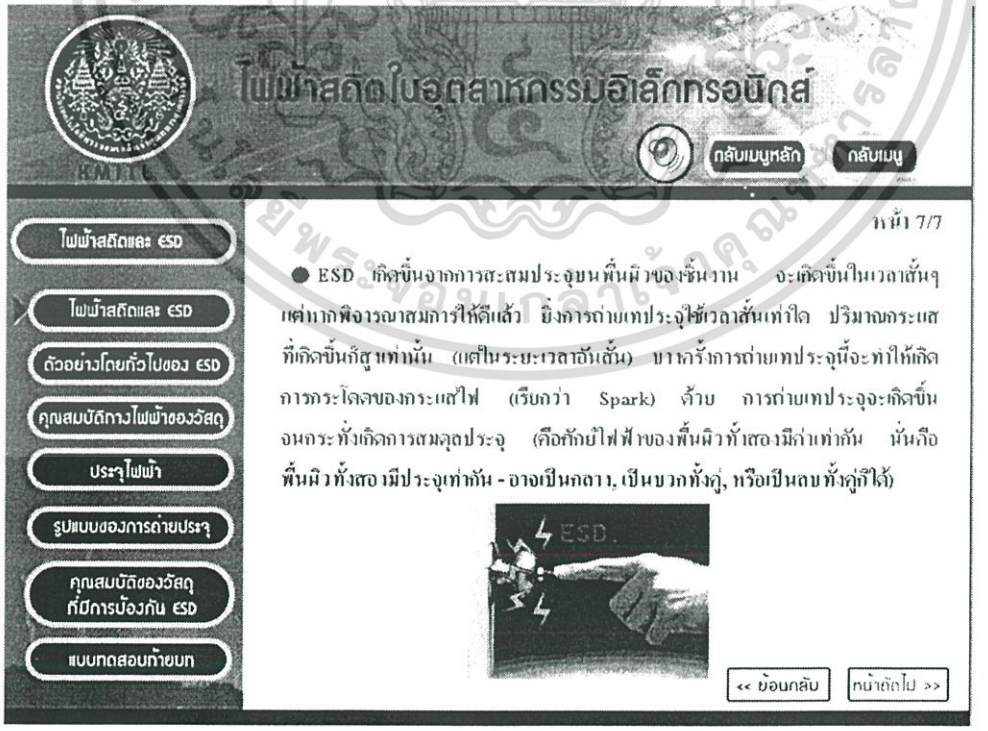
รูปที่ 6.3 หน้าจอลงทะเบียนข้อมูลของผู้เรียน

รูปที่ 6.4 หน้าจอเมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

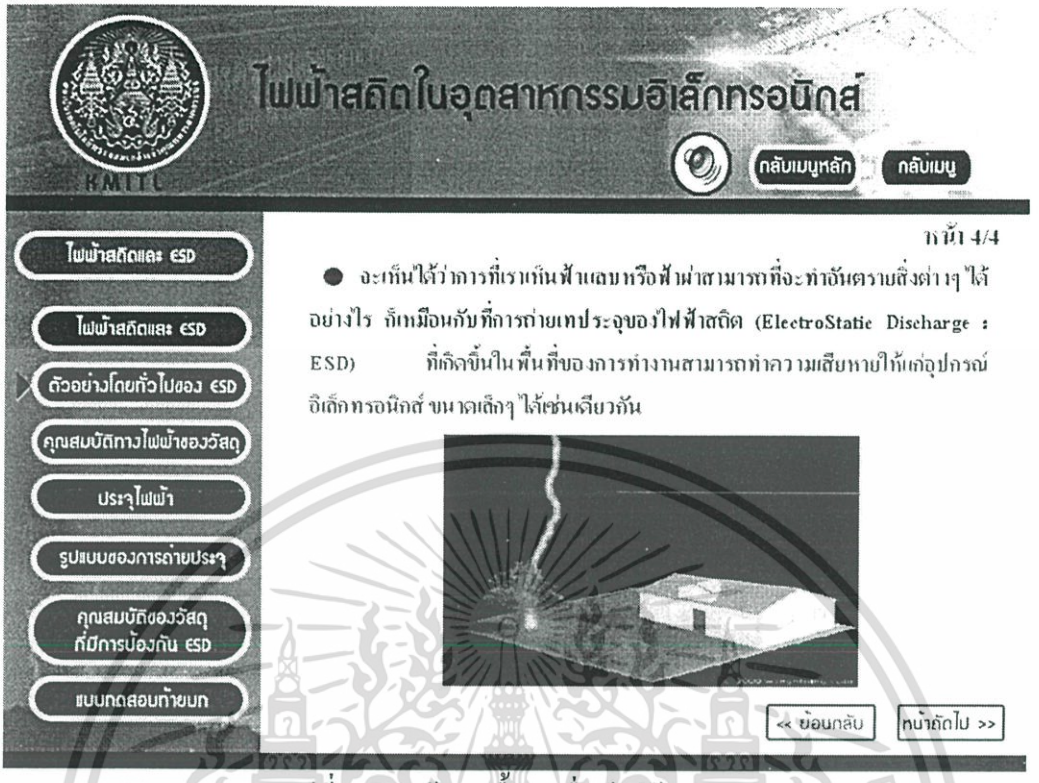


รูปที่ 6.5 หน้าจอวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม



รูปที่ 6.6 หน้าจอเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 หน้าจอเนื้อหาเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD

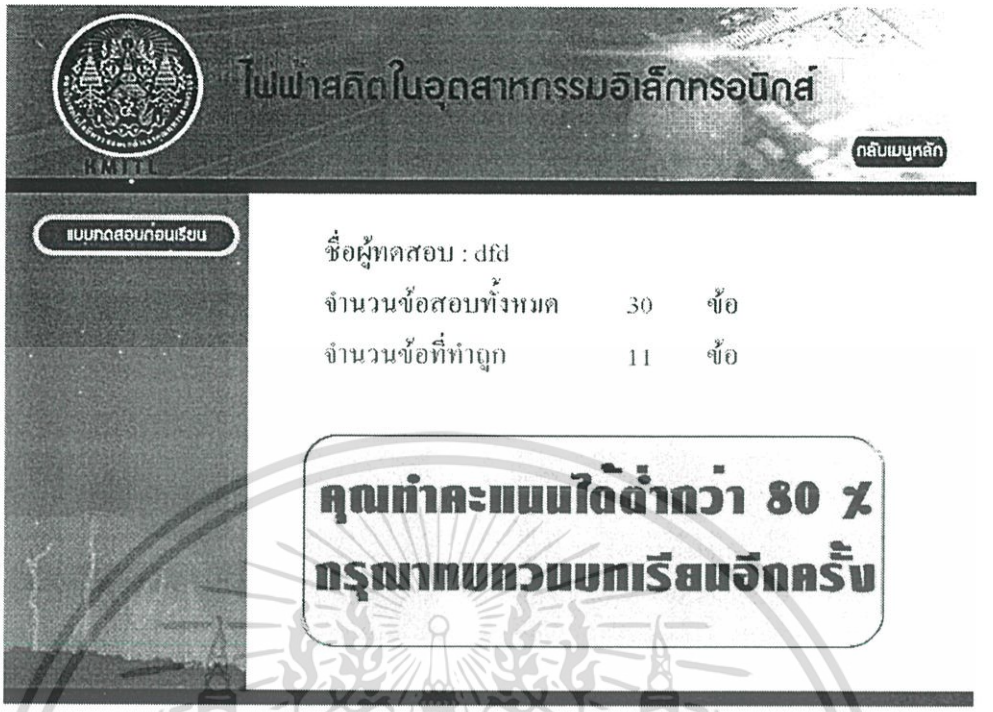
รูปที่ 6.8 หน้าจอเนื้อหาเรื่องผลกระทบของESD ที่มีต่ออุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.9 หน้าจอเนื้อหาเรื่องการป้องกันและควบคุม ESD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.10 หน้าจอแบบทดสอบท้ายบทเรียนเรื่องไฟฟ้าสถิตและ ESD



รูปที่ 6.11 หน้าจอแบบทดสอบท้ายบทโดยแสดงผลลัพธ์ของการทำแบบทดสอบ

รูปที่ 6.12 หน้าจอแสดงการออกจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายศรัณย์ รินคำ
วัน/เดือน/ปีเกิด	4 กรกฎาคม 2518
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.ลำปาง
ที่อยู่ปัจจุบัน	48 ถ. สุขสวัสดิ์ 3 ต. พระบาท อ.เมือง จ.ลำปาง
ที่ทำงาน	บริษัท สยามอินทิเกรชั่น จำกัด
ตำแหน่ง	วิศวกรการขาย อาวุโส
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2539 สำเร็จการศึกษา ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์สื่อสาร วิทยาลัยเทคนิคลำปาง
	ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้