บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

SUPPLEMENTARY COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION ON NUCLEAR ENERGY GENERATED POWER PLANT FOR THE DIPLOMA OF ELECTRICAL POWER

ยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ

YUTTANA PONGPERKSACHAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

KMITL-2007-ED-M-231-099

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

SUPPLEMENTARY COMPUTER-ASSISTED INSTRUCTION ON NUCLEAR ENERGY GENERATED POWER PLANT FOR THE DIPLOMA OF ELECTRICAL POWER

ยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ

YUTTANA PONGPERKSACHAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....76699
วัน,เดือน,ปี.....- 6 S.A. 2550

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2550

KMITL-2007-ED-M-231-099

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

Supplementary Computer – Assisted Instruction on Nuclear Energy Generated Power Plant for the Diploma of Electrical Power

ชื่อนักศึกษา นายยุทธนา พุงศ์พุฤกษชาติ

รหัสประจำตัว 48063511

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุรสิทธิ์	ราตรี	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	
ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	
รศ.ว่าที่ ร.ท.พิชัย	สดภิบาล	
รศ.วรธน	อาจฤทธิ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 11 กันยายน 2550 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.วาโรตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 31 **เดือน** กันยายน **พ.ศ.** 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง**
นักศึกษา	นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ
รหัสประจำตัว	48063511
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ

บทคัดย่อ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี จำนวน 50 คน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า จำนวนนักศึกษา 30 คน ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป ใช้วิธีแบบจับฉลาก

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Macromedia Flash 8 โดยบรรจุลงบนแผ่น CD-ROM นั้นทำให้มีความสะดวกในการสอนเสริมความรู้

ผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านสื่อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.53 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวน้อยและผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก ทางด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.608 แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวน้อยมากและผู้ทรงคุณวุฒิมีความเห็นสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก

ผลจากการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เท่ากับ 90.75/91.50 ซึ่งสอดคล้องตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ สามารถใช้เป็นบทเรียนสำหรับนักศึกษา สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Supplementary Computer-Assisted Instruction on Nuclear Energy Generated Power Plant for the Diploma of Electrical Power
Student	Mr. Yuttana Pongperksachat
Student ID.	48063511
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2007
Thesis Advisor	Assit. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co-advisor	Dr. Somchai Muensaiyart

ABSTRACT

The purposes of this research was determine the Supplementary Computer-Assisted Instruction On Nuclear Energy Generated Power Plant for The Diploma of Electrical Power. The effective improve standard 80/80

The samples of the be level high vocational Certificate field electricity 2 years are study in electric power plant subject (Subject code 3104-2103) subject in semester 1 year collage 2550. The samples are student be level high vocational Certificate in electricity field techinque Supanburi college that enroll in subjective is electric power plant amount 30 person at have 2.00 grade point averages go up. The samples selecting by using draw lots.

The builder process of computer-assisted instruction lesson by using Macromedia Flash 8 program and content in CD-ROM make have the convenience in the instruction adds the knowledge and get the efficiently.

The assessment of produce mass media be average value is 4.77 which stay in excellent level and the value deviates value standard equals to 0.53 show that the data has splitting a little. The substance be valuable equal to 4.64 which stay in excellent level and the value deviates noisy value standard equals to 0.57 show that and the data has splitting a little.

The research founded assessment of Supplementary Computer-Assisted Instruction On Nuclear Energy Generated Power Plant For The Diploma of Electrical Power is equal 90.75/91.50 which higher than hypothesis standard value. The supplementary computer-assisted instruction can use to be a efficiently lesson.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร. สมชาย หมื่นสายญาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำแนวทางรวมทั้งการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของ ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ประธานหลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ที่ให้คำปรึกษาและคอยผลักดัน เป็นกำลังใจ ทั้งยังเสียสละ เวลาให้เข้าพบที่บ้าน ใช้เป็นสถานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของผู้วิจัย และ นายธวัช จันทร์สุวรรณ ที่ได้มอบโอกาสชักชวนข้าพเจ้าเข้าศึกษาในสถาบันแห่งนี้ ต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนประสบการณ์ข้อคิดต่างๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นที่รักยิ่ง รวมทั้งพี่ ๆ น้องๆ และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย ดูแลเอาใจใส่ ความช่วยเหลือ สนับสนุน กำลังใจ และส่งเสริมด้านการศึกษาแก่ผู้วิจัย และตลอดจนเพื่อนๆ และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

คุณค่า และประโยชน์ใดๆ อันพึงมีจากการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง

ยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ IV

สารบัญ V

สารบัญตาราง VII

สารบัญภาพ VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.6 นิยามคำศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103) 7

2.2 แนวความคิดเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ 8

2.3 การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ 10

2.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ 21

2.5 การหาประสิทธิภาพกับคุณภาพ 31

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 33

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 37

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 37

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 37

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 51

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 56

4.1 หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ 56

4.2 หาประสิทธิภาพของหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสริมความรู้ 61

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 64

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 64

5.2 สมมติฐานการวิจัย 64

5.3 ประชากร 64

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 65

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 67

5.7 สรุปผลการวิจัย 67

5.8 อภิปรายผลการวิจัย 68

5.9 ข้อเสนอแนะ 69

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก 72

ภาคผนวก ก หนังสือราชการ 73

ภาคผนวก ข รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ 78

ภาคผนวก ค หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103) 80

แผนการสอนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า 82

แผนการสอนเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ 84

ภาคผนวก ง แบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม ความรู้ (ด้านเนื้อหา , ด้านสื่อ) 86

ภาคผนวก จ แบบฝึกหัดแต่ละหน่วยการเรียน 90

แบบทดสอบหลังเข้ารับการอบรม 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง..... 108

ภาคผนวก ช ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม..... 111

ภาคผนวก ซ คู่มือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรม..... 119

ประวัติผู้เขียน..... 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แผนการสอนวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103)..... 7

2.2 แผนการสอนเสริม เรื่อง โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์..... 8

2.3 แสดงระดับรังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์..... 13

4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ (ด้านเนื้อหา) N=3... 57

4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ (ด้านสื่อ) N=3..... 58

4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้..... 61

4.4 แสดงค่าคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ ผลต่างของคะแนน จากการทำแบบทดสอบ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์..... 62

4.5 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้..... 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การประชุมวิชาการและการประชุมใหญ่สามัญประจำปี พ.ศ. 2548	9
2.2	นิวเคลียสของอะตอมของธาตุต่าง ๆ	14
2.3	กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่อง	14
2.4	โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบเตาปฏิกรณ์น้ำเดือด	15
2.5	สิ่งปิดกั้นรังสี	18
2.6	ปริมาณเชื้อเพลิงและกากนิวเคลียร์	19
2.7	การเก็บรักษากากนิวเคลียร์	20
2.8	แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น	22
2.9	แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น	22
2.10	ขั้นตอนการพัฒนา IMMCAI	29
2.11	แผนภูมิการทำงานของบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย	30
3.1	แผนภูมิระดมสมองหัวเรื่อง โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์	39
3.2	แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์	40
3.3	แสดงขั้นตอนการเสนอเนื้อหาบทเรียน	41
3.4	แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้	42
3.5	แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ และการนำไปใช้ประเมิน	44
3.6	แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	48
3.7	ซอฟต์แวร์ Macromedia FlashMX เครื่องมือหลักในการสร้างบทเรียน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สิ่งมีชีวิตต้องอาศัยพลังงานในการดำรงชีวิตและเพื่อความเป็นอยู่ที่ดี นับตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวินาทีสุดท้าย เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ให้ความอบอุ่นแก่มนุษย์ และยังช่วยให้เกิดการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารในพืช เราใช้ฟืน ถ่าน และก๊าซให้พลังงานความร้อนสำหรับการหุงต้มอาหาร เราใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานสำหรับการขับเคลื่อนยานพาหนะ เราใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติเป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า นอกจากพลังงานข้างต้นแล้ว ก็ยังมีพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งเรามักจะคิดว่า เป็นสิ่งที่มีโทษอย่างมหันต์ต่อมนุษย์ เนื่องจากเรามักจะได้ทราบข่าวเกี่ยวกับพลังงานพลังงานนิวเคลียร์ในทางลบ แต่ในความเป็นจริง สามารถนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายด้าน แม้แต่ในชีวิตประจำวันของเรา โดยที่เราอาจไม่รู้ตัว (Thai Junior Encyclopedia Project , 1999)

ในภาวะที่น้ำมันดิบขึ้นราคาอย่างต่อเนื่อง และการลงนาม Kyoto protocol ได้เปิดโอกาสให้พลังงานนิวเคลียร์กลับเข้ามามีบทบาทอีกครั้งหนึ่ง เพราะการผลิตไฟฟ้าจากนิวเคลียร์มีต้นทุนค่อนข้างต่ำ ก่อให้เกิด CO_2 สู่ชั้นบรรยากาศน้อยมาก และแหล่งทรัพยากรที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงยังมีเพียงพอในระยะยาว การพิจารณาในแง่ทรัพยากรสำรองของประเทศนั้น ยูเรเนียมเป็นแร่ที่มีอยู่ทั่วโลก ซึ่งต่างจากน้ำมัน และแก๊สที่จะมีจำกัดในเพียงบางเขตของโลก ขณะที่ราคาของน้ำมัน และแก๊สธรรมชาติกำลังสูงขึ้น ราคายูเรเนียมกลับต่ำลงอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่ปี 1982 จนถึงปัจจุบัน *(ราคาถูกลงถึงราว 3 เท่า ในช่วงเวลา 20 ปี)* และเชื้อเพลิงนิวเคลียร์มีข้อได้เปรียบในเรื่องของการใช้พื้นที่เก็บ ยกตัวอย่าง เตาปฏิกรณ์ผลิตไฟฟ้า 1,000 เมกะวัตต์ ของเครื่องเตาปฏิกรณ์น้ำที่ถูกอัดด้วยแรงดันจะใช้เชื้อเพลิง 25 ตันในช่วง 1 ปี ในขณะที่เตาปฏิกรณ์ที่ใช้ถ่านหินจะต้องใช้เชื้อเพลิงถึง 3 ล้านตัน หรือ มากกว่า 100,000 เท่าในการผลิตไฟฟ้าเท่าๆกัน ด้วยเหตุนี้ หลายประเทศอุตสาหกรรมที่ไม่มีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ผลิตพลังงานได้เป็นของตนเองจึงต้องเลือกพลังงานนิวเคลียร์ ในการรับประกันความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ การพัฒนาการผลิตของเตาปฏิกรณ์ทั่วโลก ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นจากเดิมอย่างต่อเนื่อง จากสัดส่วนความสามารถในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทั้งหมดที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ ที่ได้เท่ากับ 71 เปอร์เซ็นต์ ในปี 1990 ได้พัฒนาเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ ในปี 2003 ผลจากการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพนี้ จะทำให้โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์รุ่นใหม่ๆ สามารถใช้ต้นทุนในการผลิตไฟต่อหน่วยลดลง (สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , 2005)

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

การศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ดังนั้นการจัดการศึกษาทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัยต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ทำให้ผู้สำเร็จการศึกษาสามารถออกไปพัฒนาประเทศให้มีความเจริญรุ่งเรือง

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ได้ดำเนินการจัดการศึกษาตามแนวทางของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มีการจัดการศึกษาหลายรูปแบบตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษาในเรื่องความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการเรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากร ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน

ผู้วิจัยศึกษาดูรายละเอียดของรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104-2103) ที่ทำการสอนกันอยู่ในปัจจุบันตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม กระทรวงศึกษาธิการ สาขางานไฟฟ้ากำลังวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า จุดมุ่งหมายของรายวิชาได้กำหนดเนื้อหาการสอน เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของโรงจักรไฟฟ้า และการผลิตพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ปัจจุบันผู้วิจัยเห็นว่ารายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้ายังขาดเนื้อหาและกระบวนการต่างๆ ของโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ที่สมบูรณ์

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการพัฒนาการเรียนการสอน ควรที่จะสอดแทรกเนื้อหาของรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า ให้กับนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ควรจะได้รับความรู้เพิ่มเติมเรื่อง โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์เพราะว่ามีส่วนสำคัญเป็นอย่างมาก และเพื่อเป็นการช่วยพัฒนาบุคคล พัฒนาสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนที่สถานศึกษายังขาดแคลนอยู่ ซึ่งสามารถทำให้เกิดประสิทธิภาพทางการเรียนของนักศึกษาที่จะได้รับความรู้ที่เป็นรูปธรรมชัดเจนยิ่งขึ้น ในจุดนี้ผู้วิจัยจึงเห็นความ สำคัญเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องทำการสอนเสริมในเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ตรงกับความต้องการของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

สำหรับเนื้อหาที่ผู้วิจัยสอนเสริมความรู้ ในรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103) เกี่ยวกับเรื่อง โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ที่จะใช้เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยรายละเอียดเนื้อหาจะเกี่ยวกับ ส่วนประกอบที่สำคัญการควบคุม การบำรุงรักษาในการผลิตกระแสไฟฟ้า การกำจัดกากพลังงานนิวเคลียร์ โดยทำการสอนเสริมเนื้อหา 4 หน่วย กำหนดหน่วยละ 1 คาบ ใช้เวลา 4 คาบ

ผู้วิจัยเห็นว่าการวิจัยจะสามารถหาประสิทธิภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้และความสามารถ ในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน การจัดกระบวนการเรียนการสอนต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้วิจัยจึงได้จัดทำสื่อการเรียนการสอนเสริมให้ครอบคลุมเนื้อหา เพื่อตอบสนองการเรียนรู้และรับรู้ของผู้เรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้ คือ โดยการสร้างสื่อเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อใช้เป็นสื่อในการศึกษา โดยผู้ที่ได้เข้ารับการศึกษานั้นจะได้รับความรู้ รวมถึงการใช้เทคโนโลยีควบคู่กันไปเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับบทเรียนได้ตลอดเวลาและยังสามารถแสดงหรือกระทำซ้ำได้หลายๆ ครั้ง ในส่วนที่นักศึกษาไม่เข้าใจ มีการแสดงสาธิตได้อย่างชัดเจน สามารถแสดงส่วนที่ต้องการนั้นได้ โดยใช้เทคนิคการถ่ายเพื่อขยายภาพให้นักศึกษาได้เห็นทั่วถึงกันทุกคนชัดเจน และเป็นการจัดการศึกษาที่เน้นที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โดยนำวิธีการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ (ไพโรจน์ ตีรณธณากุล และไพบูลย์ เกียรติโกมล, 2541 : 14-18) ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาแบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)
2. การออกแบบบทเรียน (Design)
3. การพัฒนาบทเรียน (Development)
4. การนำเสนอบทเรียนบทคอมพิวเตอร์ (Implementation)
5. การประเมินผล (Evaluation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จำนวน 4 หน่วยการเรียน ใช้เวลา 4 คาบ กำหนดหน่วยละ 1 คาบ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

2. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์และพัฒนาเนื้อหารายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103) โดยการเสริมเนื้อหาที่ได้ ไปสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สามารถวิเคราะห์เนื้อหาและแบ่งหน่วยการเรียน ได้ทั้งหมด 4 หน่วยการเรียน ดังต่อไปนี้

หน่วยการเรียนที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์
หน่วยการเรียนที่ 2 การกำเนิดไฟฟ้า
หน่วยการเรียนที่ 3 การบำรุงรักษา
หน่วยการเรียนที่ 4 การกำจัดกากนิวเคลียร์

3. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 50 คน

4. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) จำนวนนักศึกษา 30 คน ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป ใช้วิธีแบบจับฉลาก

5. ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การกำเนิดไฟฟ้า หมายถึง โรงงานไฟฟ้าที่ใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบใช้น้ำความดันสูง (Pressurized Water Reactor) โดยใช้น้ำในการระบายความร้อน (Coolant) และใช้เป็นสารหน่วงนิวตรอนในเวลาเดียวกัน น้ำทำหน้าที่เป็นตัวพาพลังงานความร้อนจากแกนเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำ (Steam) ที่นำไปปั่นกังหัน (Turbines) ของชุดผลิตกระแสไฟฟ้า (Generate) แล้วจึงผ่านโรงโหลดรับกระแสไฟฟ้าส่งไปตามบ้าน

2. พลังงานนิวเคลียร์ หมายถึง ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ซึ่งอะตอมของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งอะตอมของธาตุบางชนิดเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้ (Fissionable) ธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และนำมาใช้มากที่สุด คือโลหะยูเรเนียม ซึ่งเป็นธาตุในธรรมชาติที่ไม่เสถียร

3. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ด้วยโปรแกรม Macromedia Flash MX โดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาหาความรู้แบบปฏิสัมพันธ์ โดยผู้เรียนจะมีการโต้ตอบกับบทเรียนจากข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าโปรแกรมและผู้เรียนสามารถทำซ้ำได้

4. วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า หมายถึง วิชาที่อยู่ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง รหัสวิชา 3104 -2103 ของกรมอาชีวศึกษา

5. แบบฝึกหัด หมายถึง ข้อสอบหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ แต่ละหน่วย

6. แบบทดสอบ หมายถึง ข้อสอบหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้จนจบ และแบบฝึกหัดแต่ละหน่วยจนครบ

7. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ หมายถึง อัตราส่วนของคะแนนเฉลี่ย คิดเป็นร้อยละที่ได้จากการประเมินในแต่ละบทเรียนรวมกันกับร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินหลังเรียน ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ตั้งเกณฑ์ E1/E2 ไว้เป็น 80/80

80 ตัวแรก (E1) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละที่ผู้เรียนทำได้จากการประเมินในแต่ละบทเรียนรวมกันซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ

80 ตัวหลัง (E2) หมายถึง คะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็มที่ผู้เรียนทำได้จากการประเมินหลังเรียนซึ่งเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องดังกล่าว โดยมีหัวข้อสำคัญดังนี้

2.1 หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103)

2.2 ความรู้เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

2.3 การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

2.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

2.5 การหาประสิทธิภาพกับคุณภาพ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 (ปวส. 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กระทรวงศึกษาธิการ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง รหัสวิชา3104-2103 วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า

2.1.1 จุดประสงค์รายวิชา

2.1.1.1 เพื่อให้เข้าใจระบบส่งจ่ายไฟฟ้าโหลดโปรดักชั่น การทำงานของโรงจักรไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

2.1.1.2 เพื่อให้วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของโรงจักรไฟฟ้า

2.1.1.3 เพื่อให้มีกิจนิสัยในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

2.1.2 มาตรฐานรายวิชา

2.1.2.1 เข้าใจระบบส่งจ่ายไฟฟ้าโหลดโปรดักชั่น

2.1.2.2 เปรียบเทียบสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าระบบต่าง ๆ

2.1.2.3 วิเคราะห์หลักเศรษฐศาสตร์ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

2.1.3 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า โหลดโปรดักชั่น (Load Production) การทำงานของโรงจักรไฟฟ้าข้อดีข้อเสียของโรงจักรไฟฟ้า และเศรษฐศาสตร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แผนการสอนวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103)

เนื้อหาวิชา/กิจกรรมรายสัปดาห์

สัปดาห์	วันเวลา	เนื้อหาวิชา/กิจกรรมรายสัปดาห์	หมายเหตุ
1		แนะนำเนื้อหารายวิชา ทบทวนพื้นฐานระบบไฟฟ้ากำลัง	
2		กราฟของโหลด การเปลี่ยนแปลงของโหลด	
3		ตัวประกอบของโหลด แหล่งพลังงาน	
4		โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ	
5		โรงจักรไฟฟ้าพลังไอน้ำ	
6		โรงจักรไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม	
7		สอบระหว่างภาค	
8		โรงจักรไฟฟ้ากังหันแก๊ส	
9		โรงจักรไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล	
10		การดำเนินการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยคำนึงถึงหลักการเศรษฐศาสตร์	
11		หลักของสถานีย่อย เกณฑ์การเลือกที่ตั้งของสถานีย่อย	
12		อุปกรณ์หลักและการออกแบบสถานีย่อย	
13		การวางแผนและการจัดการของสถานีย่อย	
14		สอบปลายภาค	

จากการศึกษารายวิชาวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.1 ผู้วิจัยพบว่าในรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า สมควรเสริมเนื้อหา เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพทางการเรียนมากยิ่งขึ้น โดยไม่ให้มีผลกระทบกับการเรียนรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า จัดการสอนเสริมให้กับนักศึกษาระดับชั้น ปวส.2 แผนกช่างไฟฟ้ากำลังในคาบโฮมรูม โดยรายละเอียดของเนื้อหาการสอนเสริมดังต่อไปนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงเนื้อหาและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหน่วยการเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

เนื้อหา	จุดประสงค์
1. ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์ 1.1 ความหมายของพลังงานนิวเคลียร์ 1.2 การสร้างปฏิกรณ์พลังงานนิวเคลียร์	1. อธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ 1.1 เข้าใจความหมายของปรมาณู หรืออะตอม ที่เป็นคุณสมบัติของพลังงานนิวเคลียร์ 1.2 เข้าใจการทำงานของพลังงานปรมาณูที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน
2. การกำเนิดไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ 2.1 ระบบโรงไฟฟ้าและส่วนประกอบ 2.2 การทำงานและการควบคุม	2. อธิบายโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ 2.1 เข้าใจการทำงานและส่วนประกอบแต่ละส่วนของโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ 2.2 เข้าใจการควบคุมและการทำงานของระบบ ตั้งแต่การเตรียมเชื้อเพลิงจนถึงการปฏิบัติการเครื่องปฏิกรณ์
3. การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์	3. เข้าใจการบำรุงรักษาในส่วนของเตาปฏิกรณ์ และระบบต่าง ๆเพื่อให้เกิดความปลอดภัย
4. การจัดการกากกัมมันตรังสี 3.1 การคัดแยกกากนิวเคลียร์ 3.2 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์	4. อธิบายการจัดการกากกัมมันตรังสี 3.1 เข้าใจถึงการคัดแยกกากนิวเคลียร์ที่มีรังสีระดับสูง และปัญหาของกากนิวเคลียร์ 3.2 เข้าใจการเก็บรักษากากกัมมันตรังสีว่ามีวิธีการและเทคนิคอย่างไร

2.2 ความรู้เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

ในการทำวิจัย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ผู้วิจัยต้องการ เน้นหนักเกี่ยวกับเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เพื่อนำไปสอนเสริมความรู้เนื้อหาในรายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ว่าด้วยเชื้อเพลิงในโลกเรามีอยู่อย่างจำกัดหลายประเทศอุตสาหกรรมที่ไม่มีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่ผลิตพลังงานได้เป็นของตนเอง จึงต้องเลือกพลังงานนิวเคลียร์ในการรับประกันความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ การพัฒนาการผลิตของเตาปฏิกรณ์ทั่วโลก ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงขึ้นจากเดิมอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันผู้วิจัยพบว่า การจัดกระบวนการเรียนการสอนเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้ในครั้งนี้ ต้องคำนึงถึงความแตกต่างในการจัดทำ ว่างานวิจัยจะช่วยแก้ไขปัญหาความรู้ความเข้าใจเนื้อหาและกระบวนการต่างๆ ของโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ที่สมบูรณ์ เหล่านี้ได้ (สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , http://www.nst.or.th/news/nst-newsletter2006-1.pdf)

คำกล่าวรายงานของนายกสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 2.1

โดย ผศ.ดร. สมพร จองคำ

ในการประชุมวิชาการและการประชุมใหญ่สามัญประจำ าปี พ.ศ. 2548

ของสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย

วันศุกร์ที่ 24 กุมภาพันธ์ 2549

ณ ห้องประชุมใหญ่ชั้น 2 อาคาร 1 สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

ภาพที่ 2.1 การประชุมวิชาการและการประชุมใหญ่สามัญประจำ าปี พ.ศ. 2548

พูดถึงเรื่องสำคัญของประเทศไทยอีกเรื่องหนึ่ง คือ *"เมืองไทยสมควรที่จะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แล้วหรือยัง?"* เป็นคำถามจากประชาชนทั่วไปอย่างถี่มากในปัจจุบัน ผู้วางแผนการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยยังให้คำตอบอย่างไม่ชัดเจนนักว่า จะเริ่มต้นเมื่อใด ปัจจุบันถ้าเราเปิดไปดูสถิติของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่มีอยู่ในโลก และที่กำลังจะก่อสร้างในอนาคตในเวปไซต์ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ www.iaea.org จะพบว่าประเทศเพื่อนบ้านของเรา คือ อินโดเนเซีย มีชื่อเป็นผู้จะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ในปี ค.ศ. 2016 จำ านวน 4 โรงๆ ละ 1,000 เมกะวัตต์ (รวม 4,000 เมกะวัตต์) และประเทศเวียตนาม ในปี ค.ศ. 2017 จะสร้างจำนวน2 โรงๆ ละ 1,000 เมกะวัตต์ (รวม 2,000 เมกะวัตต์) ในปัจจุบันเวียดนามกำลังจะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในปี 2020 สำหรับประเทศไทยเรายังไม่มีคำตอบสำหรับอนาคตว่าจะมีโครงการเริ่มสร้างเมื่อใด แต่สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทยก็มีหน้าที่ที่จะต้องช่วยในการให้ความรู้พื้นฐานแก่ประชาชน นักเรียน เพื่อให้เข้าใจและมีความรู้อย่างถ้องแท้ถึงเรื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ประโยชน์ และอันตรายที่ควรทราบอย่างถูกต้อง

ประเทศไทยเคยมีโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่บริเวณอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เมื่อปี พ.ศ.2518 และไม่สามารถทำการก่อสร้างได้เพราะมีการต่อต้านจากประชาชน เนื่องจากการได้รับข้อมูลไม่เพียงพอและมีความกลัวเรื่องความปลอดภัยทาง "นิวเคลียร์" กันอย่างมากในขณะนั้น ซึ่งก็ถือว่าเป็นก้าวที่พลาดไปของประเทศไทย ที่ไม่มีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เมื่อ 30 ปีที่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความก้าวหน้าของประเทศโดยรวม ย่อมล้าหลังไปกว่าประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้หวัน ซึ่งเมื่อ 30 ปีที่แล้ว เราอยู่ในแถวเดียวกันกับ 3 ประเทศเหล่านี้ การมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศจะเป็นแหล่งบ่มเพาะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายแขนง ซึ่งจะทำให้เกิดโอกาสการค้นพบสิ่งใหม่ (spinoff) เช่นทางด้านวัสดุศาสตร์ ด้านการก่อสร้างอาคารแบบพิเศษ ด้านการควบคุมอัตโนมัติ ด้านโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ตลอดจนด้านวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์สาขาต่างๆ เรียกว่าเป็นการเพิ่มทั้งทางด้านคุณภาพทางวิชาการและวิชาชีพ และยังเป็นการเพิ่มพูนด้านปริมาณทางเศรษฐศาสตร์อีกเช่นกัน

คำตอบของคำถามที่ว่า "เมื่อไหร่ประเทศไทยจะมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์?" เป็นคำถามที่คนไทยรุ่นก่อนเขาถามกันมาตั้งแต่ 40 ปีมาแล้ว ส่วนคำตอบยังล่องลอยอยู่ในสายลมที่ยังจับต้องไม่ได้อยู่ในขณะนี้ สมาคมนิวเคลียร์ แห่งประเทศไทยก็ได้แต่หวังว่า ผู้กำกับด้านนโยบายพลังงานไฟฟ้าของประเทศจะมองเห็นความสำคัญ ในด้านการศึกษาของการมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อการพัฒนาประเทศอย่างลึกซึ้ง และจริงจัง เพื่ออนาคตอันยาวนานของลูกหลานไทย

2.3 การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

ระบบโรงไฟฟ้าที่ใช้กันอย่างกว้างในปัจจุบันเป็นระบบที่ทำเป็นการค้า มีต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระบบใหญ่ ๆ คือ

1) โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ (Stream Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิสูงและความดันสูง แล้วนำไอน้ำเดือดนี้ไปหมุนกังหันไอน้ำเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกต่อหนึ่ง เชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลเป็นหลักใหญ่ ในปัจจุบันที่ใช้อยู่ในเมืองไทย คือ น้ำมันเตา ถ่านหินลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ และความร้อนร่วมจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ นอกนั้นก็มีการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาต้มน้ำ หรืออาจใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพซึ่งมีจำนวนน้อย และยังอยู่ในขั้นทดลอง โดยการผลิตจะมีการปรับขั้นตอนในการทำน้ำร้อนให้เหมาะสมในแต่ละวิธี แต่หลักการส่วนใหญ่จะเหมือนกัน

2) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาเผาไหม้โดยตรง ซึ่งจะให้ก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูงมาก นำไปขับกังหันก๊าซโดยตรงเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3) โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro – Electric Power Plant)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำพลังงานน้ำเหนือเขื่อนมาหมุนกังหันน้ำเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งหมดทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant)

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนชนิดหนึ่ง มีลักษณะการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เพียงแต่เชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนกับของไหลทำงานเช่นน้ำใช้พลังงานจากพลังงานนิวเคลียร์เท่านั้น

5) โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant)

โรงไฟฟ้าดีเซล เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลทำงานฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ในประเทศไทยจะใช้เฉพาะในชนบทห่างไกลที่สายส่งหลักไปไม่ถึงเท่านั้น โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะเป็นผู้ดำเนินการ

ประเภทของเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ (สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , http://news.thaieurope.net/content/view/468/40/)

1. เตาปฏิกรณ์น้ำที่ถูกอัดด้วยแรงดัน Pressurized Water Reactor - PWR เป็นเตาปฏิกรณ์ที่ใช้น้ำที่อยู่ภายใต้แรงกดดันสูง เป็น Coolant และ Moderator ที่ความดัน 155 ชั้นบรรยากาศ น้ำที่อยู่ภายใต้ความร้อนสูง 300 องศาเซลเซียส จะคงสภาพเป็นของเหลวได้อยู่ และน้ำร้อนที่ได้นี้จะไหลไปสู่เครื่องผลิตไอน้ำ เพื่อสร้างไอน้ำไปปั่นชุดเทอร์ไบนผลิตไฟฟ้า เตาปฏิกรณ์ PWR มีใช้ในโลก 212 เครื่อง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

2. เตาปฏิกรณ์ VVER เป็นชื่อย่อภาษารัสเซีย เป็นเทคโนโลยีของ Ex- USSR ใช้หลักการเดียวกับ PWR แต่ออกแบบในแนวทางของของรัสเซีย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการออกแบบเตาปฏิกรณ์ VVER รุ่นแรกๆ ไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัย บางประเทศ ได้แก่ บุลกาเรียและสโลวาเกีย ได้ปิดเตาปฏิกรณ์รุ่นนี้ไปแล้วบางส่วน มีเตาปฏิกรณ์ VVER จำนวน 51 เครื่อง ใช้ในประเทศรัสเซีย ยูเครน อาร์มีเนีย บุลกาเรียฮังการี สาธารณรัฐเช็ก สโลวาเกียและฟินแลนด์

3. เตาปฏิกรณ์น้ำเดือด Boiling Water Reactor - BWR เป็นการพัฒนาเตารุ่น PWR ให้ลดแรงดันของน้ำเหลือประมาณ 70 ชั้นบรรยากาศ น้ำซึ่งเป็นCoolant และ Moderator จะผ่านเตาปฏิกรณ์และระเหยเป็นไอน้ำ และสามารถปั่นเทอร์ไบนได้โดยตรง เตาปฏิกรณ์ BWR มีอยู่ 92 เครื่อง ใน 9ประเทศ ส่วนใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

4. เตาปฏิกรณ์น้ำหนัก Heavy Water Reactor - HWR HWR มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า CANDO (Acronyme de CANandian Deuterium Uranium) ซึ่งพัฒนาขึ้นที่ประเทศCanada ใช้น้ำหนัก (heavy water) เป็นตัวนำตัวนำความเย็น (coolant) และ ตัวหน่วง (moderator) มีข้อดีที่สามารถใช้ยูเรเนียมดิบจากธรรมชาติได้ (รุ่น PWR BWR จะต้องผ่านขบวนการให้เป็น isotope235U ก่อน) และสามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงกัมมันตภาพระหว่างที่เครื่องยังทำงานอยู่ (รุ่น PWR BWR ต้องหยุดเครื่องก่อน จึงจะเปลี่ยนได้) ปัจจุบัน มีเตาปฏิกรณ์ HWR มี 34 เครื่อง ใน 6 ประเทศ ได้แก่ แคนาดา อาร์เจนตินา อินเดีย ปากีสถาน เกาหลี และโรมาเนีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เตาปฏิกรณ์ทำความเย็นด้วยแก๊ส Gas Cooled Reactor - GCR มีเตาปฏิกรณ์ GCR มีสองรุ่นคือรุ่น GCR หรือ Gas Cooled Reactor และรุ่น ACR หรือ Advanced Gas-Cooled Reactor เตาปฏิกรณ์ประเภทนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็น Coolant และกราไฟต์เป็น Modulator เตาปฏิกรณ์ GCR มีใช้ในสหราชอาณาจักรเพียงประเทศเดียว

6. เตาปฏิกรณ์ RBMK เป็นตัวย่อภาษารัสเซียว่า High-Power Channel Reactor เตาปฏิกรณ์รุ่นนี้ใช้น้ำเป็นCoolant และกราไฟต์เป็น Modulator การออกแบบและสร้างเตาปฏิกรณ์ RBMK เกิดในยุคคอมมิวนิสต์ และไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัยที่ใช้กันในกลุ่มประเทศตะวันตกที่ใช้อยู่ โศกนาฏกรรมที่ Tchenobyl ก็เกิดจากเตาปฏิกรณ์รุ่นนี้ เตาปฏิกรณ์ RBMK ซึ่งยังคงมีใช้งานอยู่ 15 เครื่องในประเทศรัสเซีย และ ลิธัวเนีย

7. เตาปฏิกรณ์ Fast Breeder Reactor - FBR เตาปฏิกรณ์นี้เป็นรุ่นที่ก้าวหน้าที่สุด โดยใช้นิวตรอนความเร็วสูงแทนที่จะใช้นิวตรอนที่ถูกทำให้ร้อน วิธีการนี้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นถึง 50 เท่า เตาปฏิกรณ์รุ่นนี้มีใช้เพียงในประเทศฝรั่งเศส อินเดีย รัสเซีย และญี่ปุ่น (อย่างไรก็ตามที่ญี่ปุ่น ได้เกิดการรั่วของสารโซเดียม จึงได้ยุติการใช้งานชั่วคราว และมีกำหนดการเปิดใช้ใหม่ในปี 2008)

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์

1. กิจการอุตสาหกรรม

การใช้วัสดุกัมมันตรังสีและเทคนิคทางรังสีในทางอุตสาหกรรม ซึ่งเรียกว่า "เทคนิคเชิงนิวเคลียร์" เป็นการนำเอาพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในทางสันติ สำหรับประเทศไทยได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในกิจการต่าง ๆ

2. ด้านการแพทย์และอนามัย

เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Nuclear Medicine) คือ การนำเอาสารรังสีหรือรังสีมาใช้ในการตรวจการรักษา และด้านการค้นคว้าศึกษาการทำงานของระบบอวัยวะในร่างกาย เพื่อช่วยในการตรวจวิเคราะห์หรือรักษาโรคบรรเทาความทุกข์ทรมานของผู้ป่วย และร่นระยะเวลาการรักษาอยู่ในโรงพยาบาล

3. ด้านการเกษตร ชีววิทยาและอาหาร

ประเทศไทยมีการเกษตรเป็นอาชีพหลักของประชากร โครงการใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมกิจการเกษตร เป็นต้นว่าการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต ซึ่งกำลังแพร่ขยายออกไปสู่ชนบทเพิ่มมากขึ้น

อันตรายจากพลังงานนิวเคลียร์

เนื่องจากรังสีเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ดังนั้นเมื่อกระทบต่อวัสดุต่าง ๆ และต่อสิ่งที่มีชีวิต ก็ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบขึ้นได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณรังสีและชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีที่ก่อให้เกิดไอออนนั้น มีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอม/โมเลกุลของเซลล์และระบบการทำงานของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปและเกิดอาการผิดปกติในร่างกายขึ้นได้

ได้มีการศึกษาผลกระทบจากรังสีจากกรณีที่มีการทิ้งระเบิดปรมาณูเมื่อครั้งสงครามโลกครั้งที่ 2 และจากกรณีการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ รังสีและวัสดุกัมมันตรังสีตลอดช่วงเวลา 100 ปี ที่ผ่านมาและได้สรุปผลค่าความเสี่ยงและอันตรายของรังสีต่อมนุษย์ ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงระดับรังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์

ระดับความแรงรังสี	อันตรายที่เกิดขึ้น
10,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยและถึงตายได้ภายใน 2-3 สัปดาห์
1,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย เช่น อาเจียนแต่ไม่ถึงตาย และอนาคตอาจเกิดมะเร็งได้
20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสี
13 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้ทำงานได้สำหรับคนงานในเหมืองแร่ยูเรเนียม
2 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติ
0.05 มิลลิซีเวิร์ต	เป็นเกณฑ์กำหนดระดับรังสี ณ รั้วรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขณะเดินเครื่อง

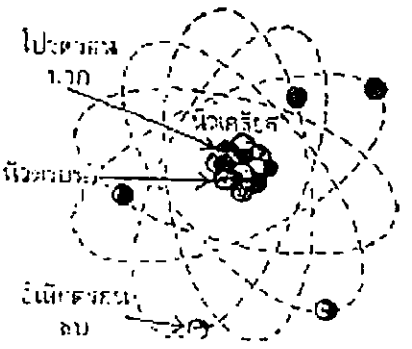
2.3.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์

2.3.1.1 ความหมายของพลังงานนิวเคลียร์

ปรมาณู หรืออะตอม คือ ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 อะตอมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- ส่วนแกนกลางที่เรียกว่านิวเคลียส ซึ่งเป็นส่วนที่มีมวลสารและอยู่ตรงใจกลางของอะตอม
- ส่วนกรอบคืออาณาบริเวณที่อนุภาคอิเล็กตรอนหมุนวนรอบนิวเคลียสอีกทีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



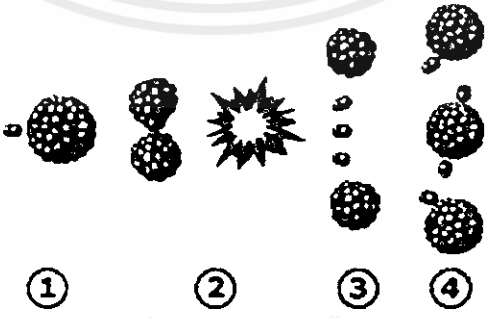
ภาพที่ 2.2 นิวเคลียสของอะตอมของธาตุต่าง ๆ

นิวเคลียสของอะตอมธาตุต่าง ๆ มีรัศมีประมาณ 10-13 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวก็คงไม่เกิน 10-14 ตารางเซนติเมตร แต่ขนาดของอะตอมใหญ่กว่าเพราะวัดเทียบจากวงโคจรของอิเล็กตรอน ที่อยู่ล้อมรอบโดยพบว่าอะตอมปกติจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-18 เซนติเมตรเท่านั้น

2.3.1.2 การสร้างปฏิกรณ์พลังงานนิวเคลียร์

พลังงานปรมาณูเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ซึ่งอะตอมของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งอะตอมของธาตุบางชนิดเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้ (Fissionable) ธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และนำมาใช้มากที่สุด คือโลหะยูเรเนียม ซึ่งเป็นธาตุในธรรมชาติที่ไม่เสถียร

ยูเรเนียมมีหลายชนิด หรือหลายไอโซโทป ยูเรเนียม-235 เป็นไอโซโทปที่เกิดฟิชชันได้ง่ายที่สุด แต่ในยูเรเนียมตามธรรมชาติ 1,000 อะตอม มียูเรเนียม-235 อยู่เพียง 7 อะตอม เท่านั้น ยูเรเนียม-235 ที่ถูกยิงด้วยนิวตรอน ไม่ได้แตกออกเท่านั้น แต่ยังให้นิวตรอนออกมา 2-3 นิวตรอน ด้วย ซึ่งจะเข้าชนอะตอมของยูเรเนียม-235อะตอมอื่น ทำให้เกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีปริมาณยูเรเนียม-235 ความเข้มข้นสูงพอ ดังแสดงในรูปที่ 2.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

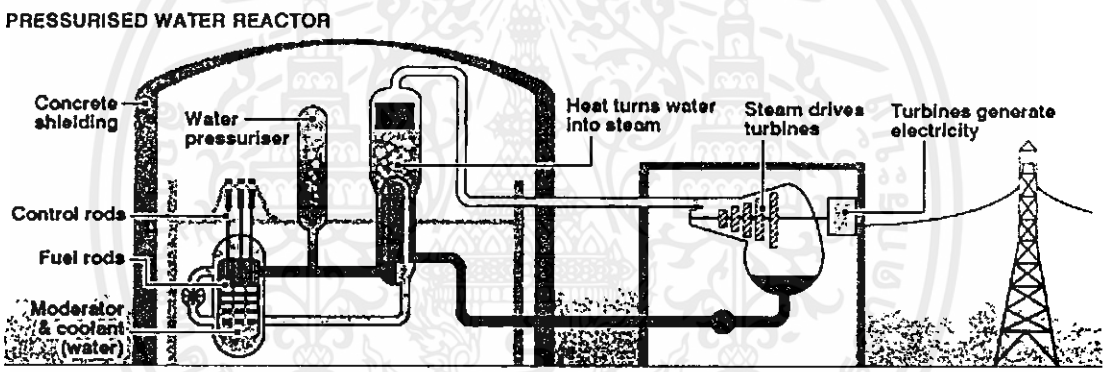
ภาพที่ 2.3 กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่อง

- นิวตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่ไม่เสถียร ของยูเรเนียม-235
- นิวเคลียสแตกออก และให้พลังงานจำนวนมากออกมา
- มีนิวตรอนเกิดจากปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น
- นิวตรอนใหม่เข้าชนนิวเคลียสของอะตอมอื่นๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง

2.3.2 การกำเนิดไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

2.3.2.1 ระบบโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์และส่วนประกอบ

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่นำมาเป็นโรงต้นกำลังไฟฟ้าเป็นแบบ เตาปฏิกรณ์น้ำเดือด Boiling Water Reactor – BWR ดังแสดงในรูปที่ 2.4 การทำงานของเตารุ่นนี้ แรงดันของน้ำจะเหลือประมาณ 70 ชั้นบรรยากาศ น้ำซึ่งเป็น Coolant และ Moderator จะผ่านเตาปฏิกรณ์และระเหยเป็นไอน้ำ และสามารถปั่นเทอร์ไบน์ได้โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (In depth: Nuclear explained, http://www.nst.or.th/article/article491/article49071.html)



ภาพที่ 2.4 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบเตาปฏิกรณ์น้ำเดือด

- เตาปฏิกรณ์ (Reactor): เป็นแกนกลาง และหัวใจของระบบ ประกอบด้วย
  * แท่งเชื้อเพลิง (Fuel Rods): หรือแท่งสารกัมมันตภาพรังสี
  * ควบคุมการแตกตัวของปฏิกิริยา (Control Rods): โดยมีตัวหน่วงปฏิกิริยาไหลหล่อเลี้ยงถ่ายเทความร้อน
- ตัวหน่วงปฏิกิริยาการแตกตัวของนิวตรอน (Moderator & Coolant Water):และตัวทำความเย็นจะเป็นตัวไหลเวียนถ่ายเท และนำความร้อนที่เกิดจากเตาปฏิกรณ์ไปยังหม้อความร้อนที่ต้มน้ำ
- ชุดเพิ่มความกดดัน (Water Pressuriser): ของเครื่องทำความเย็นด้วยน้ำให้มีการไหลเวียนถ่ายเทความร้อนคงที่และยังทำให้หม้อความร้อนทำงานคงที่
- หม้อความร้อน (Heat Turns Water Into Steam): ที่ต้มน้ำให้เดือดเป็นไอแล้วหมุนดันไอน้ำความร้อนเพื่อส่งไปชุดกังหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดกังหัน (Steam Drives Turbines):ที่ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความร้อนจากหม้อทำความร้อน

- ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า (Turbines Generate Electricity): ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหันจะผลิตกระแสไฟฟ้า 23Kvolts

- โรงโหลดรับกระแสไฟฟ้า (Electricity) หรือ Substation เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า 23Kvoltsจะถูกแปลงไฟ (Main Tranformer) เป็น230Kvolts *(โวลท์สูงกระแสต่ำจะลดขนาดของสายส่ง)* แล้วจึงถูกส่งไปยัง Substation ส่วนภูมิภาคจะถูก Step Down กระแสไฟฟ้าที่จะใช้อยู่ที่ประมาณ 23Kvolts แล้วจะถูก Step Down ไปตามโรงงานใช้ไฟ3เฟส 380 Volts ส่งไปตามบ้านใช้ไฟ1เฟส 220 Volts

2.3.2.2 การทำงานและการควบคุมพลังงานนิวเคลียร์

การเตรียมเชื้อเพลิง:

1. การทำเหมืองและสีแร่ (Mining And Milling): การทำเหมืองทำได้โดยขุดแร่ออกมา (เปิดบ่อ หรือ ใต้ดิน) หรือ กรองในบริเวณ (In-Situ Leaching, ISL) ยูเรเนียมจะถูกแยกออกจากแร่ดิบ ด้วยวิธีละลายในกรดหรือด่าง และ ทำให้ตกตะกอน และจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) ซึ่งมักถูกเรียกว่า "เค็กเหลือง (Yellowcake)" แร่ดิบอาจมียูเรเนียมต่ำกว่า 0.1% แต่ Yellowcake นี้มักมียูเรเนียมอยู่เกิน 80%

2. การแปรรูป (Conversion): ยูเรเนียมต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซก่อนที่จะผ่านกระบวนการเสริม เพื่อการนี้ เค็กเหลืองจะถูกเปลี่ยนทางเคมี ให้เป็น ยูเรเนียมเฮกสะฟลูออไรด์ (UF_6) ซึ่งสามารถทำให้เปลี่ยนเป็น ก๊าซ หรือ ของเหลว ได้ในช่วงอุณหภูมิและความดันที่ไปได้ไม่ยาก ที่ความดันห้องปกติ (1 Atmospheric Pressure) UF_6 เป็นของแข็ง ในอุณหภูมิต่ำกว่า 57 เซลเซียส และ เป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านั้น มันจะเปลี่ยนเป็นของเหลวก็ต่อเมื่ออุณหภูมิร้อนกว่า 64 เซลเซียส และ ความดัน เหนือ 1.5 Atm

3. การเสริมแร่ (Enrichment): จุดประสงค์ของการเสริมแร่ คือการเพิ่มความเข้มข้นของยูเรเนียม-235 ซึ่งเป็น ไอโซโทปที่เกิดการฟิชชั่นได้ ให้สูงขึ้น ยูเรเนียมในธรรมชาติมี U-235 อยู่ 0.7% ซึ่งต่ำไปสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง การเสริมแร่ทำโดยการซึมแทรก (Diffusion) หรือ การหมุนรอบจุดศูนย์กลาง (Centrifuge) โดยที่วิธี Centrifuge นั้นเป็นวิธีที่ใหม่กว่า และ ถูกกว่ามาก ทั้งสองวิธีแยกไอโซโทป ในก๊าซ UF_6 ตามน้ำหนัก ในวิธีซึมแทรก U-235 เบากว่า U-238 ดังนั้นเมื่อพลังงานกลเท่ากัน U-235 จะวิ่งเร็วกว่า ฉะนั้นจึงมีโอกาสที่ดีกว่าในการผ่านร่องของแผ่นกรอง (Membranes) ในวิธีหมุนรอบจุดศูนย์กลาง U-238 ที่หนักกว่า จะเคลื่อนที่ด้วยรัศมีโค้งที่ใหญ่กว่า U-235 จะรวมอยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเตรียมแต่ง (Fabrication): UF_6 ที่ถูกเสริมแล้วจะถูกนำไปแปรเป็น UO_2 และ รวมใส่ไปใน เม็ดเซรามิค แล้วก็ใส่ไปในแท่งโลหะ สร้างเป็นแท่งเชื้อเพลิง (Fuel rods)

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปฏิบัติการเครื่องปฏิกรณ์:

ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิชชั่น นิวตรอนจะโดนลดพลังงานลง จนอยู่ในขีดเหมาะสม โดยตัวหน่วง (Moderator) (เนื่องจากโอกาสการเกิดฟิชชั่น ลดลงตามพลังงานของนิวตรอน) ตัวหน่วงมักเป็นน้ำ ซึ่งสามารถเป็น น้ำเบา (H_2O ธรรมดา) หรือ น้ำหนัก (D_2O ใช้ดิวทีเรียมแทนไฮโดรเจน) ก็ได้ ในแท่งเชื้อเพลิง นิวเคลียส U-235 จับนิวตรอน กลายเป็น U-236 ซึ่งไม่เสถียร โดยปกติ จะมี สองส่วน แยกออกมา เรียกว่า Fission Fragments และ นิวตรอน 2-3 ตัว ถูกปล่อยออกมา เมื่อนิวเคลียสแตกออก พลังงานส่วนใหญ่ (ราวๆ 80%) จะอยู่ในรูปพลังงานกลของเสี้ยวฟิชชั่นสองตัวนั้น ที่เหลือก็แบ่งไปให้นิวตรอน รังสีแกมมา อิเลคตรอน และ นิวตริโน พลังงานจะกลายเป็นความร้อน ซึ่งจะถูกดูดซับโดยน้ำ น้ำกลายเป็นไอ และไอก็ไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์เทอร์ไบน์ โดยการปั่นใบกังหันให้หมุนในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น

นิวตรอนจากปฏิกิริยาฟิชชั่น สามารถไปสร้างฟิชชั่นต่อได้อีก กลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) แท่งควบคุม (Control Rods) ซึ่งประกอบด้วย วัตถุที่ดูดจับนิวตรอนเช่น แคดเมียม หรือ โบรอน จะถูกใช้ ดึงเข้า ออก เพื่อควบคุมจำนวนนิวตรอน

เครื่องปฏิกรณ์สามารถแยกเป็นสองประเภท ตามพลังงานของนิวตรอนที่ใช้: เครื่องปฏิกรณ์แบบ Thermal ซึ่งใช้ นิวตรอน Thermal (พลังงานประมาณ 1/40 eV) และ เครื่องแบบเร็ว (Fast Reactors) ซึ่งใช้ นิวตรอนเร็ว (Fast Neutrons พลังงานระหว่าง 0.1-10 เมกะอิเลคตรอนโวลท์) ซึ่งต้องใช้ยูเรเนียมที่ถูกเสริมมากๆ (Highly Enriched) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา

อีกส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญมาก ของเครื่องปฏิกรณ์ ก็คือ ตัวหล่อเย็น (Coolant) ซึ่งจะป้องกันไม่ให้แกนกลางของเครื่องร้อนมากเกินไป ตัวหล่อเย็นนี้ อาจเป็นอากาศ, น้ำ, หรือ ก๊าซอย่างอื่น โดยทั่วไป น้ำมักจะถูกใช้ในสองหน้าที่ คือ ทั้งควบคุม (Moderate) พลังงานของนิวตรอน และ หล่อเย็นแกนเครื่องปฏิกรณ์

เครื่องปฏิกรณ์จะถูกครอบด้วยชั้นของคอนกรีตแบบหนักพิเศษ (Heavy Concrete) ซึ่งสามารถป้องกันรังสี ไม่ให้ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมเครื่องปฏิกรณ์แบบใหม่ได้รับการออกแบบ ให้ดับเครื่องเองถ้าอยู่นอกการควบคุม สภาวะที่ทำให้เครื่องปฏิกรณ์ทำงานได้ ในระหว่างที่เดินเครื่องต้องมีการโต้ตอบกับผู้ควบคุมตลอดเวลา ด้วยช่วงเวลาที่คงที่ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่เชอร์โนบิล (Chernobyl Reactor) ที่ใช้ระบบการโต้ตอบเพื่อทำให้การเกิดปฏิกิริยาอยู่ภายใต้การควบคุม (ดร.รพพน พิชา , http://www.oaep.go.th/physics/info/npp/npp_th.html)

2.3.3 การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

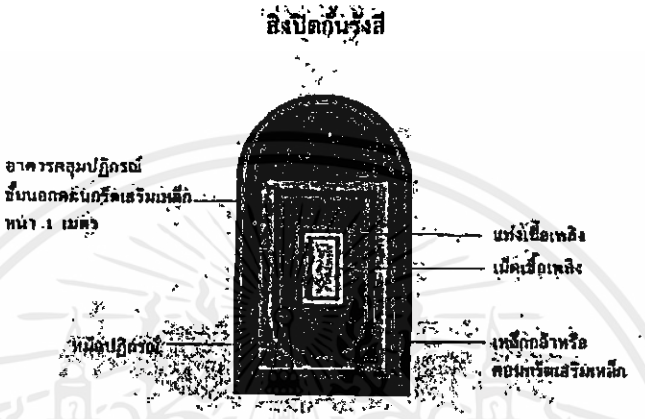
1. ต้องมีดำเนินการอย่างรอบคอบ โดยเน้นหนักทางด้านคุณภาพของเครื่องจักรและวัสดุอุปกรณ์ การตรวจสอบ การทดสอบ และทดลองเครื่องอุปกรณ์แต่ละชิ้นในแต่ละระบบ ต้องทดลองซ้ำแล้วซ้ำอีกจนแน่ใจในเรื่องความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

76699

2. การสรรหาบุคลากรเป็นไปอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องทดสอบทุก ๆ 3 ปี และไม่มีสิทธิทำงานต่อไปหากไม่ผ่านการทดสอบ

3. มีการตรวจสอบอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ และถ้ามีภัยที่เกิดจากธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ พายุได้ฝุ่น น้ำท่วม แผ่นดินไหวรุนแรง หรืออุบัติเหตุร้ายแรง เช่น เครื่องบินชน เป็นต้น ระบบปิดโรงไฟฟ้าอัตโนมัติจะทำงาน หรือพนักงานจะต้องปิดเครื่องทันที



ภาพที่ 2.5 สิ่งปิดกั้นรังสี

4. มีด่านกักรังสีหลายชั้น เริ่มตั้งแต่ เม็ดเชื้อเพลิง ซึ่งอัดแน่นในรูปเซรามิคเรียงกันอยู่ในแท่งเชื้อเพลิง เตาปฏิกรณ์ และอาคารคลุมปฏิกรณ์ ซึ่งมีหลายชั้น ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะสลายตัวไปในชั้นต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

5. มีระบบระบายความร้อนฉุกเฉินหลายระบบ

6. มีระบบป้องกันเพื่อความปลอดภัยโดยอัตโนมัติหลายระบบ และสามารถควบคุมโดยพนักงานได้อีกด้วย

7. จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำตามข้อกำหนดที่วางไว้ เช่นทุก ๆ ปี

8. การซ่อมบำรุงรักษาและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงทุกครั้งต้องมีเจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบความปลอดภัย (Safe-Guard) ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA-International Atomic Energy Agency)แห่งองค์การสหประชาชาติควบคุมอยู่ด้วย

2.3.4 การจัดการกากกัมมันตรังสี

2.3.4.1 การคัดแยกกากนิวเคลียร์

กากกัมมันตรังสีเป็นปัญหาใหญ่ที่สุดอย่างหนึ่งที่อุตสาหกรรมนิวเคลียร์ต้องเผชิญสิ่งที่ทำให้เกิดความวิตกกันมากที่สุด คือกากนิวเคลียร์บางส่วนเป็นกากรังสีระดับสูง (High-Level Waste) ซึ่งเป็นกากที่มีกัมมันตภาพรังสี มีการให้ความร้อนออกมา มีการกัดกร่อนภาชนะบรรจุ และสามารถทำให้คนที่ได้รับรังสีโดยตรง เสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่วัน

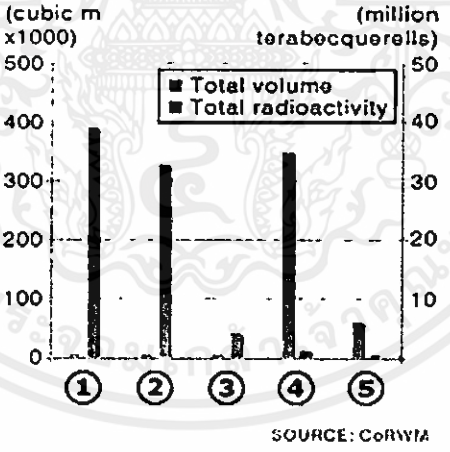
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

กากนิวเคลียร์ที่มีระดับรังสีสูง มีปริมาณไม่มาก กากนิวเคลียร์ชนิดนี้น้อยกว่า 0.3% ของปริมาณกากนิวเคลียร์ทั้งหมด แต่มีกัมมันตภาพรังสีรวมประมาณครึ่งหนึ่งกากนิวเคลียร์ที่มีระดับรังสีสูง จะใช้เวลาประมาณ 10,000 ปี ในการลดกัมมันตภาพรังสี ลงมาอยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งไม่มีภาชนะที่ใช้บรรจุชนิดใด ที่เราทำขึ้นมาจะมีอายุยาวนานขนาดนั้น

ปัจจุบัน ยังไม่มีประเทศใดที่มีการแก้ปัญหานี้ในระยะยาวได้ แม้ว่า สหรัฐอเมริกา และฟินแลนด์ จะวางแผนในการสร้างสถานที่เก็บไว้ใต้พื้นดินระดับลึก ในพื้นที่ที่มีเสถียรภาพทางธรณีวิทยา ซึ่งอังกฤษก็กำลังอยู่ระหว่างการพิจารณาถึงการแก้ปัญหานี้อยู่

ในประเทศที่นำกากนิวเคลียร์กลับมาเข้ากระบวนการ (Reprocessing) กากที่รังสีระดับสูง (High-Level Radioactive Waste) จะมีการแยกยูเรเนียมกับพลูโตเนียมออก เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วมีกัมมันตภาพรังสีสูง แต่สามารถนำกลับมาเข้ากระบวนการเพื่อแยกพลูโตเนียม และยูเรเนียมที่เหลืออยู่ออกมา กระบวนการนี้จะทำให้ลดความต้องการยูเรเนียมจากการทำเหมือง และลดปริมาณกากนิวเคลียร์ลงได้

เชื้อเพลิงใช้แล้ว ยูเรเนียม และพลูโตเนียม ไม่ถือเป็นกากนิวเคลียร์ เนื่องจากยังสามารถนำมาใช้ได้ แต่ยังคงต้องเก็บไว้ในลักษณะเดียวกับกากนิวเคลียร์ โดยต้องเพิ่มการรักษาความปลอดภัย เนื่องจากพลูโตเนียมสามารถนำไปใช้ในการผลิตระเบิดนิวเคลียร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 ปริมาณเชื้อเพลิงและกากนิวเคลียร์

สีน้ำเงิน: กัมมันตภาพรังสี สีแดง: ปริมาตร

1. กากที่มีรังสีระดับสูง ซึ่งจะนำเข้ากระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

2. เชื้อเพลิงใช้แล้ว ซึ่งเป็นส่วนผสมของยูเรเนียม พลูโตเนียม และผลผลิตฟิชชัน (Fission products)

3. พลูโตเนียม ธาตุกัมมันตรังสี เกิดจากปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียม สามารถนำไปใช้ทำระเบิดได้

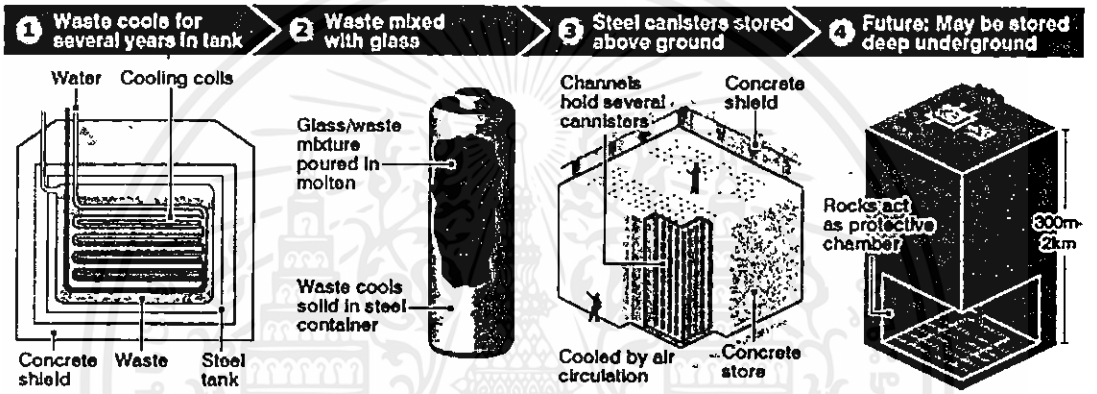
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กากรังสีระดับปานกลาง เช่น ปลอกหุ้มแท่งเชื้อเพลิง ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

5. ยูเรเนียม ธาตุกัมมันตรังสี ที่ใช้ทำเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ ต้องเพิ่มความเข้มข้น (Enrich) โดยใช้เทคโนโลยีระดับสูง ในการนำไปใช้ทำระเบิด

2.3.4.2 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์

ถ้าไม่มีการนำกลับมาเข้ากระบวนการใหม่ เชื้อเพลิงใช้แล้วจะกลายเป็นกากที่มีรังสีระดับสูง ส่วนกากที่มีรังสีระดับปานกลางจะผสมกับคอนกรีตและบรรจุลงถัง เพื่อเก็บไว้ในสถานที่ออกแบบก่อสร้างไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วซึ่งมีรังสีระดับสูงและมีความร้อนสูงและปล่อยให้สารรังสีสลายตัวลงในระดับหนึ่ง แล้วจึงทำการกักการเคลื่อนไหวทำได้ด้วยวิธี วิตริฟิเคชั่น (Vitrification) หรือ Synroc วิธีวิตริฟิเคชั่นคือเทคนิคการผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดเป็นแก้วเหลว ซึ่งจะกลายแข็งตัว แบบ Amorphous (ไม่มีผลึกคริสตัล) Synroc ซึ่งมาจากคำว่า "Synthetic Rock" คือวิธีที่ซับซ้อนขึ้นและยังไม่แพร่หลายนัก Synroc เป็นวิธีที่เกี่ยวกับการใส่สารรังสีเข้าไปในผลึกคริสตัลของเซรามิค ในช่วงต้นจะเก็บไว้ในบ่อน้ำ จากนั้นจะผนึกในถังสเตนเลสฝังลงใต้ดินในบริเวณที่คัดเลือกและออกแบบไว้ไม่ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะเวลายาวนาน

ถ้าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใช้งานอยู่จนถึงกำหนดการปิดตัว โดยไม่มีการสร้างเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น จะมีกากที่มีรังสีระดับปานกลางและกากที่มีรังสีระดับสูง ประมาณ 36,590 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับพื้นที่สระว่ายน้ำขนาดโอลิมปิก 14 สระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

2.4.1 ความหมายของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

2.4.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้เรียกกันไปว่า CAI (Computer Assisted Instruction) หมายถึง การเรียนรู้โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วย ซึ่งบทเรียนลักษณะนี้ภายหลังจากเรียนบทเรียนแล้ว สิ่งที่ผู้เรียนได้รับ ก็คือ ความรู้และความทรงจำ ส่วนบทเรียนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความสามารถเกิดทักษะนำไปปฏิบัติได้นั้น เรียกว่า CBT (Computer Based Training) ซึ่งหมายถึง การสอนที่เน้นให้มีการฝึกหัดโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก

2.4.1.2 ประโยชน์การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน

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

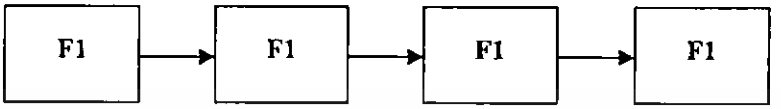
2.4.1.3 รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

(ครรชิต มาลัยวงศ์, 2544 : 69-123) กล่าวถึงประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ในลักษณะของความสามารถเฉพาะบุคคลว่า "CAI ใช้หลักการที่เรียกว่า Individualized learning นักศึกษาสามารถเรียนได้ช้าหรือเร็วเท่ากับความสามารถตนเอง ไม่ต้องเสียเวลารอคอยไปด้วยกันทั้งชั้น และผู้เรียนจะได้เรียนบทเรียนเหมือนกันทุกอย่าง เป็นการรักษาคุณภาพของการสอนและสามารถกำหนดได้แน่นอนว่าผู้เรียนผ่านวิชานั้นๆ ไปแล้วจะเร็วอะไรบ้าง โดยการสร้างบทเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบ พื้นฐาน จะนำเสนอต่อผู้เรียนมี 2 รูปแบบ

1. บทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น บทเรียนจะประกอบด้วยกรอบ ซึ่งแบ่งเป็นหน่วยเล็กๆ จากง่ายไปหายาก ผู้เรียนทุกคนจะได้เห็นข้อความเดียวกัน ตามลำดับ เหมือนกันตอบ

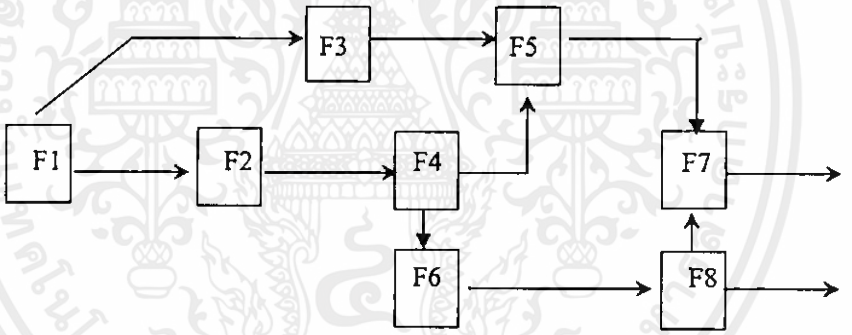
เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... เจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามเดียวกัน ผู้เรียนจะต้องเรียนจากกรอบแรกก้าวไปตามลำดับ จนถึงกรอบสุดท้าย จะข้ามกรอบใดกรอบหนึ่งไม่ได้ สิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนกรอบต่อๆ ไป บทเรียนชนิดนี้มักจะให้ผู้เรียนตอบคำถามว่า ถูกหรือผิด หรืออาจจะเป็นการเติมคำ หรือข้อความลงในช่องว่าง โดยทั่วไปการจัด CAI แบ่งเป็นกรอบเสมือนสไลด์โชว์ ซึ่งอาจจะผสมกับข้อความก็ได้มองเห็นเป็นกรอบๆ ลักษณะของบทเรียนเชิงเส้น อาจแยกออกเป็นหลายบท ได้ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบเชิงเส้น

2. บทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น บทเรียนชนิดนี้คำนึงถึงความแตกต่างและความผิดของแต่ละคนเป็นสำคัญ โดยให้มีการทดสอบผู้เรียนเพื่อหาระดับของผู้เรียนเพื่อเลือกบทเรียนให้เหมาะสม การจัดกรอบของบทเรียนจะต้องมีการกำหนดเชื่อมโยงระหว่างกรอบอย่างเหมาะสมเจาะเป็นเน็ตเวอร์ตตามความสามารถของการเรียนรู้ ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของบทเรียนโปรแกรมแบบไม่เชิงเส้น

2.4.1.4 โปรแกรมสำหรับสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ จำแนกเป็น2 ประเภท คือ

1. ระบบนิพนธ์บทเรียน (Authoring System) โปรแกรมระบบนี้เขียนและพัฒนาขึ้นด้วยผู้ชำนาญการ และผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านการเขียนโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งออกแบบไว้สำหรับสร้างและนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้โดยเฉพาะ ดังนั้นการใช้งานจึงง่ายและสะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรม เพื่อสร้างบทเรียน ก่อนหน้านี้เป็นเรื่องที่สร้างปัญหาในการใช้ภาษาไทยมาก เนื่องจากได้มีการประยุกต์ใช้ภาษาไทยกับระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าจะยังไม่มีมาตรฐานรองรับ แต่ก็เป็นที่ยอมรับได้โดยทั่วไป ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมระบบนิพนธ์บทเรียน ได้แก่ ระบบ PLATO, Authorware, Multimedia Toolbook. Icon Author, PINE, Ten CORE, Quest เป็นต้น ข้อดีของระบบนิพนธ์บทเรียนเหล่านี้ ก็คือ ใช้งานง่ายและสะดวก ส่วนข้อจำกัดก็คือราคาค่อนข้างสูง และต้องใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประกอบที่มีขีดความสามารถค่อนข้างสูง

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

2.4.1.5 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

การจำแนกประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมีค่อนข้างหลากหลายขึ้นอยู่กับความคิดเห็นของนักคอมพิวเตอร์และนักการศึกษา ถ้าจำแนกประเภทตามวิธีการและลักษณะของการใช้ในการเรียนการสอน จะจำแนกได้ 5 ประเภท คือ

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

2.4.1.6 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

เทคนิคการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาเนื้อหาใหม่ (Tutorial) โดยเน้นการผสมผสานของกราฟิก สี ภาพเคลื่อนไหว การเปรียบเทียบ การให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรม การให้ข้อมูลย้อนกลับที่เป็นภาพ ฯลฯ ขั้นตอนการออกแบบนี้ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagane ดังนี้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้

- บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน (Specify Objectives) ในขั้นนี้นอกจากจะทำให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหาแล้ว ยังเป็นการบอกถึงเค้าโครงของเนื้อหาเพื่อให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพขึ้นอาจบอกเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือวัตถุประสงค์ทั่วไปซึ่ง

จะต้องคำนึงถึงด้วยว่า 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 ควรใช้ภาพประกอบเฉพาะส่วนเนื้อหาที่สำคัญอาจใช้กราฟิกในลักษณะต่างๆ เช่น แผ่นภาพ แผนภูมิ ภาพเปรียบเทียบช่วยเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนควรใช้ตัวชี้นำ (Cue) เช่น การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น ฯลฯ แต่ไม่ควรใช้กราฟิกที่ยาก ควรจัดรูปแบบให้น่าอ่านยกตัวอย่างที่เข้าใจง่ายควรเสนอกราฟิกเท่าที่จำเป็นและไม่ควรใช้สีเกิน 3 สี ใช้คำที่คุ้นเคย การโต้ตอบควรมีหลายๆ แบบ

- แสดงความสัมพันธ์ของเนื้อหา (Guide Learning) ผู้เรียนจะจำได้ดีถ้าบทเรียนที่ระบบการนำเสนอเนื้อหาดี และสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนและควรแสดงให้เห็นว่าส่วนย่อยมีความสัมพันธ์กับส่วนใหญ่และสิ่งใหม่มีความสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน บางครั้งควรให้ตัวอย่างที่แตกต่างออกไปบ้าง ถ้าเนื้อหายากควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมและควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงประสบการณ์เดิม

- กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Response) ในขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนร่วมคิด ร่วมกิจกรรม ซึ่งทำให้ผู้เรียนจำเนื้อหาได้ดี ควรให้ผู้เรียนตอบสนองวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นครั้งคราวไม่ควรให้ตอบยาวควรเร้าความคิดอาจใช้กราฟิกหรือเกมช่วยในการตอบสนองหลีกเลี่ยงการ ตอบสนองซ้ำๆและไม่ควรมีคำถามหลายคำถามในข้อเดียวกันการตอบสนองของผู้เรียนคำถามและผลย้อนกลับควรอยู่ในกรอบ (Frame) เดียวกัน

- ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback) บทเรียนจะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้มากถ้าบทเรียนท้าทายผู้เล่น โดยบอกจุดหมายที่ชัดเจนและให้ผลย้อนกลับ เพื่อบอกว่าผู้เรียนอยู่ตรงไหน ห่างจากเป้าหมายเท่าใด และควรคำนึงถึงด้วยว่าผลย้อนกลับควรให้ทันทีหลังจากผู้เรียนตอบสนอง บอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด การแสดงคำถามคำตอบ และผลย้อนกลับ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน ควรใช้ภาพง่ายๆ ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเข้าช่วย หลีกเลี่ยงการให้ภาพที่ตื่นตา เพื่อหลีกเลี่ยง ผลทางภาพจะทำให้ผู้เรียนสนใจมากกว่าเนื้อหา ไม่ควรใช้กราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาควรเฉลยเมื่อผู้เรียนทำผิด 1-2 ครั้ง อาจใช้เสียงสูงเมื่อทำถูก เสียงต่ำเมื่อทำผิด ใช้การให้คะแนนหรือภาพเพื่อบอกความใกล้ ไกล จากจุดหมายและควรเปลี่ยนรูปแบบของผลย้อนกลับบ้าง เพื่อเร้าความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบ (Assess Performance) เพื่อเป็นการประเมินผลการเรียนและให้ผู้เรียนสามารถจำได้ ควรคำนึงด้วยว่าแบบทดสอบควรตรงกับจุดประสงค์ของบทเรียน ข้อทดสอบคำตอบและข้อมูลย้อนกลับควรอยู่บนเฟรมเดียวกันและขึ้นต่อเนื่องกันอย่างรวดเร็วไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวเกินไป ควรให้ผลย้อนกลับครั้งเดียวในหนึ่งคำถาม และควรบอกผู้เรียนถึงวิธีที่จะตอบให้ชัดเจน บอกผู้เรียนว่ามีตัวเลือกอย่างอื่นด้วยหรือไม่ ที่จะช่วยในการทำแบบทดสอบและต้องคำนึงถึงความแม่นตรง และความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ อย่าตัดสินใจว่าตอบผิด ถ้าคำตอบไม่ชัดเจนควรใช้ภาพประกอบในการตั้งคำถาม ไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าพิมพ์ผิดวรรคผิด ใช้แบบตัวอักษรผิด เช่น ตอบเป็นตัวพิมพ์แทนที่จะเป็นตัวเขียนในภาษาอังกฤษ เป็นต้น

- การนำความรู้ไปใช้ (Promote Retention and Transfer) ควรให้ผู้เรียนทราบว่าความรู้ใหม่มีส่วนสัมพันธ์กับความรู้เดิมอย่างไร เพื่อทบทวนแนวคิดสำคัญเสนอแนะสถานการณ์ที่ความรู้ใหม่อาจทำประโยชน์ได้และบอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อเนื่อง

2.4.2 ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

ขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ประเภทต่างๆ ได้มีผู้เสนอขั้นตอนหรือวิธีการพัฒนาหลายแนวความคิด มีขั้นตอนในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้คล้ายคลึงกันและแตกต่างกันบ้าง

(ไพโรจน์ ตีรณธณากุล และไพบูลย์ เกียรติโกมล, 2541 : I4-18) ในลักษณะของการสอน (Instruction) เนื้อหาแบบ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction : IMMCAI การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ในปัจจุบัน สามารถพัฒนาเป็นแบบ IMMCAI คือ Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction ซึ่งเป็นสภาพการสอนเหมือนจริง (Virtual Instruction) ลักษณะการจัดการสอนถือได้ว่าเกือบจะเป็นการสอนจริง (Live Instruction) จากผู้สอนไม่ว่าจะเป็นการเรียนแบบทางไกลแบบอิสระบนทางด่วนข้อมูล (Internet) โดยไม่จำกัดเวลา สถานที่ และวัยของผู้เรียน รวมทั้งไม่จำกัดภาษาหรือประเทศระยะทางไกลใกล้ บทเรียนการสอนแบบ IMMCAI บนทางด่วนข้อมูลจะทำให้การสอนทุกอย่างเป็นจริงได้

ในการพัฒนาบทเรียน IMMCAI รูปแบบการสอน (Instruction) หากเริ่มจากหัวเรื่องวิชา เป้าหมายที่กำหนดวัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้ที่กำกับมาด้วย การพัฒนาก็จะดำเนินไปเป็น 5 ขั้นตอนเช่นเดิม คือ

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)
2. การออกแบบบทเรียน (Design)
3. การพัฒนาบทเรียน (Development)
4. การนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์ (Implementation)
5. การประเมินผล (Evaluation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนาบทเรียน IMMCAI

จากลำดับขั้นการสร้างบทเรียน IMMCAI 5 ขั้น สามารถทำการแจกแจงขั้นตอนการพัฒนาเพื่อสะดวกกับผู้เริ่มต้นที่จะพัฒนาบทเรียน IMMCAI ดังนี้

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)

1.1 สร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart) โดยเริ่มจากเขียนชื่อวิชาไว้ตรงกลางกระดานแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ จำนวน 4-5 คนช่วยกันระดมสมอง ให้หัวเรื่องที่ควรจะสอนในวิชานั้นเขียนโยงกับชื่อวิชาอย่างอิสระ หรือหากเป็นหัวเรื่องย่อยก็โยงกับหัวเรื่องหลักต่อไป โดยไม่ทำการลอกแบบของตำราเล่มใดเล่มหนึ่งเลย เมื่อเสร็จสิ้นการระดมสมองแผนภูมิที่ได้เป็นแผนภูมิระดมสมอง

1.2 สร้างแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart) จากแผนภูมิระดมสมองนำมาทำการวิเคราะห์ความถูกต้องของทฤษฎีหลักการและเหตุผลความสัมพันธ์ และต่อเนื่องกันอย่างละเอียด อาจมีการตัด-เพิ่มหัวเรื่องตามเหตุผลและความเหมาะสมจนสามารถอธิบายและตอบคำถามได้ผลที่ได้เป็นแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ (Concept Chart)

1.3 สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart) นำหัวเรื่องต่างๆ จากแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์มาเขียนเป็นโครงข่าย โดยคำนึงถึงความก่อน-หลังต่อเนื่องหรือขนานกันตามหลักการเทคนิคโครงข่าย แล้วทำการวิเคราะห์เหตุผลความสัมพันธ์ของเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) จนสมบูรณ์ผลที่ได้จะเป็นโครงข่ายเนื้อหาที่ต้องการ

2. การออกแบบบทเรียน (Design)

2.1 การกำหนดกลวิธีการนำเสนอและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (Strategic Presentation Plan & Behavior Objective) โดยเริ่มจากแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหานำมาพิจารณากลุ่ม หัวเรื่องที่สามารถจัดไว้ในหน่วยเดียวกันได้ ภายใต้กรอบเวลาที่กำหนดไว้ตีเป็นกรอบๆ ไว้จนครบหัวเรื่องบนโครงข่ายเนื้อหาจากนั้นกำหนดเป็นหน่วยๆ และกำหนดอันดับไว้แล้วเขียนกำกับด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาแต่ละตอนให้ชัดเจน จากนั้นนำกรอบหน่วย (Module) มาลำดับการนำเสนอตามอันดับและความสัมพันธ์แนวเดียวกับแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหาซึ่งจะได้ผลเป็นแผนภูมิบทเรียน (Course Flow Chart)

2.2 สร้างแผนภูมิการนำเสนอในแต่ละหน่วย (Module Presentation Chart) ซึ่งเป็นการออกแบบการสอน (Instructional Design) จะต้องออกแบบลำดับ การนำเสนอเนื้อหาบทเรียนตามหลักการสอนจริง อันเป็นส่วนที่สำคัญมากในการประกันคุณภาพ การเรียนจากบทเรียน IMMCAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การพัฒนาบทเรียน (Development)

3.1 เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development) โดยเขียนเป็นกรอบๆ จะต้องเขียนให้เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ จะต้องกำหนดภาพ เสียง สี ฯลฯ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ (Interactive) ไว้ให้สมบูรณ์ด้วย

3.2 จัดทำลำดับเนื้อหา (Story board Development) เป็นการนำกรอบเนื้อหา หรือที่เขียนเป็น Script มาเรียบเรียงตามลำดับการนำเสนอตามที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งจะยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ การลำดับกรอบนี้สำคัญมาก

3.3 นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาตรวจสอบความถูกต้อง (Content Correctness) โดยเฉพาะเป็นการสร้าง IMMCAI ที่เป็นการเขียนตำราใหม่ทั้งเรื่อง ควรอาศัยผู้เชี่ยวชาญในวิชานั้นๆ (Subject Specialist) เป็นผู้ตรวจสอบให้ จากนั้นจะต้องนำเนื้อหาไปทดลองหาค่า Content Validity และ Reader Reliability โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายมาทดสอบด้วย แล้วปรับปรุงให้สมบูรณ์

3.4 การสร้างแบบทดสอบส่วนต่าง ๆ ต้องนำมาหาความยากง่าย อำนาจจำแนกความเที่ยงและความเชื่อมั่นทุกแบบทดสอบ และต้องปรับปรุงให้สมบูรณ์ผลที่ได้ทั้งหมดทั้งเนื้อหา (ที่จัดอยู่ในโครงสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้แล้ว) และแบบทดสอบต่าง ๆ รวมกันจะเป็นตัวบทเรียน (Courseware)

4. การนำเสนอบทเรียนบทคอมพิวเตอร์ (Implementation)

4.1 เลือก Software หรือโปรแกรมสำเร็จรูปที่เหมาะและสามารถสนองตอบต่อความต้องการที่กำหนดไว้ เป็นตัวจัดการนำเสนอบทเรียนบนคอมพิวเตอร์

4.2 จัดเตรียมรูปภาพ เสียง หรือการถ่ายวิดีโอ หรือภาพนิ่ง หรือ Caption ไว้พร้อมที่จะใช้งาน สร้างไว้เป็นแฟ้มๆ

4.3 จัดการนำ Courseware เข้าในโปรแกรม (Coding) ด้วยความปราณีต และด้วยทักษะที่ดีทำการ Edit ภาพ เสียง VDO ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ซึ่งจะได้เป็นบทเรียน (วิชา) บนคอมพิวเตอร์ตามที่ต้องการ [(Subject) IMMCAI Software]

5. การประเมินผล (Evaluation)

5.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพของ Package (Quality Evaluation) จัดการให้คณะผู้เชี่ยวชาญทาง IMMCAI ตรวจสอบประสิทธิภาพของ Package ปรับปรุงให้สมบูรณ์

5.2 ทำการทดลองการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพ ด้วยกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายจำนวนไม่เกิน 10 คน ทำการปรับปรุง และนำผลมากำหนดกลวิธีการหาประสิทธิภาพจริงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

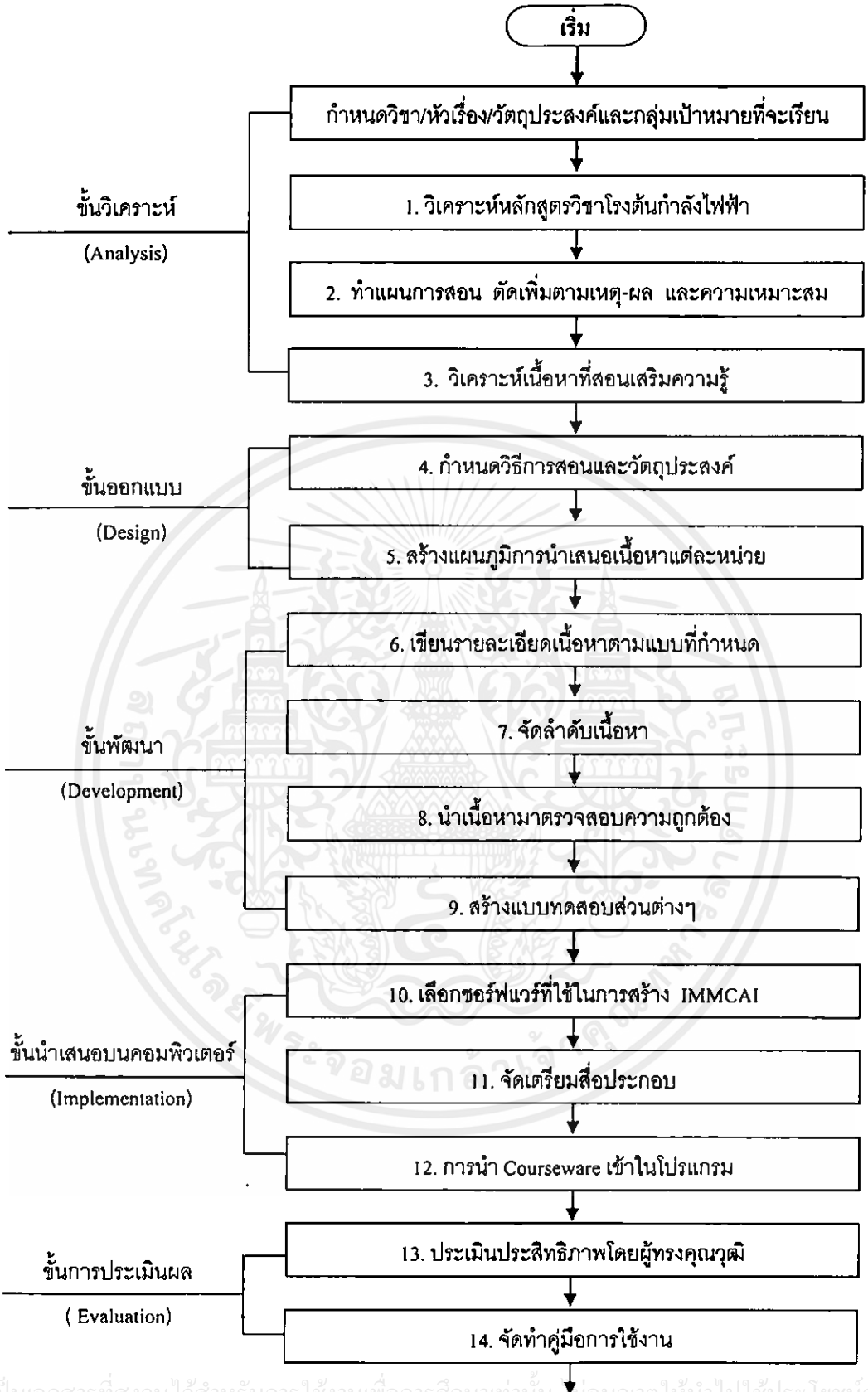
5.3 ทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ (Efficiency E1/E2) ของ Package และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Effectiveness) จากกลุ่มตัวอย่างเป้าหมายไม่น้อยกว่า 20 คน หากได้ผลตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นอันใช้ได้

5.4 จัดทำคู่มือการใช้ Package (User Manual) หรือ Package Instruction ควรประกอบด้วยหัวเรื่องดังนี้ บทนำอุปกรณ์ที่ใช้งานการกำหนดหน้าจอมอนิเตอร์การเริ่มเข้าบทเรียน เป้าหมายของบทเรียนข้อมูลเสริมที่สำคัญ ข้อควรระวังข้อมูลผู้พัฒนาบทเรียน และวันที่เผยแพร่

การพัฒนาควรจะดำเนินได้เป็น 5 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.10

1. การวิเคราะห์เนื้อหา (Analysis)
2. การออกแบบบทเรียน (Design)
3. การพัฒนาบทเรียน (Development)
4. การนำเสนอบทเรียนบทคอมพิวเตอร์ (Implementation)
5. การประเมินผล (Evaluation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 ขั้นตอนการพัฒนา IMMCAI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 บทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย

การเรียนการสอนโดยทั่วไปส่วนใหญ่เป็นรูปแบบภาพนิ่ง หรือวัตถุพื้นฐานที่ไม่มีการเคลื่อนไหว ยังไม่มีการเน้นสร้างงานด้วย วัถตุ 2, 3 มิติ ภาพยนตร์ที่สวยงาม หรืออาจจะเป็นงานแอนิเมชั่น ซึ่งจะมีความสวยงาม มีความหลากหลายของงานที่สร้าง

ในการบรรยายเนื้อหาบทเรียนแต่ละครั้ง เราสามารถสร้างเนื้อหาภาพเคลื่อนไหวแอนิเมชั่น พร้อมด้วยเสียงบรรยายที่ทำให้เนื้อหาในบทเรียนบรรยายมัลติมีเดียมีความเสมือนจริงมากสำหรับการเรียนการสอน หรือใช้เป็นการทบทวนบทเรียนด้วยตัวเอง ที่มีภาพเคลื่อนไหวเสมือนการบรรยายจริงน่าติดตามทำให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาได้โดยง่ายทบทวนซ้ำได้ตลอดเวลา

2.4.3.1 ความหมายของโปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย

โปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย (Presentation Instruction Mutimedia) เป็นโปรแกรมมัลติมีเดียที่สามารถสร้างบทเรียนนี้จะมีลักษณะเป็นกิจกรรมเสนอเนื้อหา โดยจะเริ่มจากบทนำซึ่งเป็นการกำหนดจุดประสงค์ของบทเรียน หลังจากนั้นเสนอเนื้อหาโดยให้ความรู้แก่ผู้เรียนตามที่ผู้ออกแบบบทเรียนกำหนดไว้ ซึ่งการทำงานของโปรแกรมจะมีลักษณะวนซ้ำ เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับจนจบบทเรียนผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนได้โดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์หรือทบทวนบทเรียนโดยใช้แผ่นซีดีรอม ดังแสดงในรูปที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 แผนภูมิการทำงานของบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย

โปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย (Presentation Mutimedia) ซึ่งคิดค้นและพัฒนาการสร้างวัตถุ 2, 3 มิติจะเน้นการสร้างงานแอนิเมชั่น การทำภาพยนต์ที่มีความหลากหลายและได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ในการสร้างสรรค์บทเรียน หรือ เนื้อหาที่จัดทำ โดยโปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายมัลติมีเดียนี้ จะมีการสร้างสรรค์ตามแนวความคิดของผู้จัดทำเสมอ

2.4.3.2 เครื่องมือประกอบในการสร้างโปรแกรมบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย

1. โปรแกรมซอฟท์แวร์หลัก

1.1 Macromedia Flash MX

2. โปรแกรมสนับสนุนการทำงาน

2.1 ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP

2.2 Adobe Photoshop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Illustrator

2.4 3D max

3. อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์สำหรับการบันทึกการบรรยาย

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

3.2 ไมโครโฟน

2.4.3.3 ข้อจำกัดของการติดตั้งระบบ

ในการติดตั้งโปรแกรมสร้างบทเรียนบรรยายมัลติมีเดีย สามารถใช้ได้กับระบบปฏิบัติการ Microsoft Window 98, 2000, ME, XP และ Vistra เท่านั้น

2.5 การหาประสิทธิภาพกับคุณภาพ

(ชัยยงค์ และคณะ, 2544: 102-107) กล่าวว่า ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่าหากชุดการสอนมี ประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักศึกษา และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก เมื่อทำการผลิตชุดการสอนขึ้นมาแล้ว จำเป็นจะต้องทำการประเมินผลสื่อประสมที่ผลิตขึ้นมานี้เสียก่อนที่จะนำไปใช้ในสภาพจริงต่อไปการประเมินผลชุดการสอนก็คือ การหาประสิทธิภาพของชุดการสอนนั่นเอง (Developmental Testing) ซึ่งก็คือ การนำชุดการสอนนั้นๆไปทดลองใช้ (Tryout) โดยการนำไปใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไข แล้วจึงนำไปสอนจริง (Trial run) ต่อไป ผู้ผลิตชุดการสอนจำเป็นต้องทดสอบหาประสิทธิภาพเพราะสาเหตุต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพ

2. เพื่อให้แน่ใจได้ว่าชุดการสอนสามารถทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่าง แท้จริง

3. เพื่อเป็นหลักประกันได้ว่า เมื่อผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก ๆ แล้ว สามารถใช้ได้เป็นอย่างดี คุ้มค่ากับการลงทุน

2.5.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอน

ชุดการสอนที่ผลิตขึ้นมาและผ่านการทดลองหาประสิทธิภาพ จะต้องให้ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงจะถือได้ว่าชุดการสอนนั้นมีคุณภาพ ซึ่งเราสามารถกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนได้เอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อยู่ในระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพถึงระดับ แล้ว

ชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปเสนอผู้เรียนได้ และให้ผลคุ้มค่าแก่การลงทุนในการผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดสื่อประสมที่สร้างขึ้นมาในชุดการสอนนั้น เอื้ออำนวยเกื้อหนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เข้าใจในเนื้อหาบทเรียนนั้นเป็นอย่างดีนั่นเอง

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพสามารถกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) เราจะกำหนดให้ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการเป็น E1 และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เป็น E2 การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือการประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยๆ หลายๆ อย่างเรียกว่ากระบวนการ (Process) ของผู้เรียนซึ่งเราสามารถสังเกตได้จากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานของกลุ่ม) การปฏิบัติงานรายบุคคลอันได้แก่งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. การประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ การประเมินผลผลลัพธ์ เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนของผู้เรียนในเนื้อหาแต่ละหน่วย โดยพิจารณาผลการสอบหลังเรียน ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะพิจารณาจากเกณฑ์ที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะได้กำหนดขึ้น ว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในระดับใด จึงจะเป็นที่ยอมรับได้ว่าอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจโดยจะกำหนดไว้ 2 ส่วน คือ ในส่วนของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนแบบฝึกหัด หรือกิจกรรมอื่นใดที่กำหนดไว้ในชุดการสอนของผู้เรียนทุกคน (E1) และเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียน (E2) นั่นคือ E1/E2 จะเท่ากับ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ความหมายในการตั้งเกณฑ์นั้น ถ้าหากเราตั้งเกณฑ์ค่า E1/E2 = 90 / 90 นั่น หมายความว่าเมื่อผู้เรียนเรียนจากชุดการสอนแล้ว คำนวณผลเฉลี่ยคะแนนที่ผู้เรียน คำนวณผลเฉลี่ยของคะแนนที่ผู้เรียนทุกคน สามารถทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ย 90 % และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ย 90 % นั่นเอง

การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใด ผู้ผลิตชุดการสอนจะเป็นผู้พิจารณา ตั้งได้ตามความเหมาะสม โดยปกติเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ ความจำ ก็มักจะตั้งเกณฑ์ไว้ที่ 80/80 85/85หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาวิชาที่เป็นความรู้ทางด้านทักษะหรือเจตคติที่จำเป็นจะต้องใช้ระยะค่อนข้างยาวนานที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะหรือเปลี่ยนแปลงเจตคติได้ ดังนั้น จึงอาจตั้งต่ำกว่า เช่น 75/75 เป็นต้นแต่อย่างไรก็ตามผู้ผลิตก็ไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำจนเกินไปนักเพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอได้ เนื่องจากไม่ได้มีการปรับปรุงแต่อย่างใด ซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วในขั้นตอนการทดลองครั้งแรกๆ จะได้ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำ แต่เมื่อได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้ว ค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆ และในขณะเดียวกันหาก ได้ค่าประสิทธิภาพสูงมาก ๆ

เอกสารนี้ที่ผลิตขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก็ไม่ควรจะตัดสินใจยอมรับค่านั้นในทันทีเพราะค่าประสิทธิภาพที่สูงอาจจะเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น เนื้อหาที่จัดให้ง่ายกว่าของผู้เรียนหรือข้อสอบยังไม่ดีพอโดยอาจจะเกิดจากการสร้างตัวเลือกไม่ดี เดาง่าย เป็นต้น ดังนั้น ผู้ผลิตชุดการสอนต้องตรวจสอบกระบวนการในการผลิตชุดการสอนใน แต่ละขั้นว่าถูกต้องและเหมาะสมเพียงใดอีกด้วย

2.5.2 ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพ

เมื่อผลิตชุดการสอนต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการนำชุดการสอนที่ได้ไปทดลองหาประสิทธิภาพ โดยในการหาประสิทธิภาพชุดการสอน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ

1. ขั้น 1 :1 (แบบเดียว) คือ ทดลองกับผู้เรียนที่ละคน โดยทดลองกับผู้เรียนก่อนนำผลที่ได้มาปรับปรุง นำชุดการสอนที่ปรับปรุงไปทดลองกับผู้เรียนปานกลาง นำผลที่ได้มาปรับปรุงแล้วจึงนำไปทดลองกับผู้เรียนที่เก่ง การพิจารณาปรับปรุงทำได้โดยการพิจารณาจากการสังเกตพฤติกรรมขณะเรียนของผู้เรียน แบบฝึกหัด ผลการสอบและการสัมภาษณ์นักศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในการเรียน ในการเลือกผู้เรียนมาทดลองหากสภาพการณ์ไม่เหมาะสมก็ให้เลือกผู้เรียนอ่อนหรือปานกลางมาทดลอง ค่า E1/E2 ในขั้นนี้โดยปกติแล้วจะต่ำกว่าเกณฑ์

2. ขั้น 1: 10 (แบบกลุ่ม) คือการทดลองกับผู้เรียน 6-12 คน โดยเลือกผู้ที่เรียนอ่อน ปานกลาง และเก่ง คละกันนำผลที่ได้มาปรับปรุง โดยใช้การพิจารณาส่วนของชุดการสอนที่จะต้องปรับปรุงแบบเดียวกันในขั้น 1 : 1 ในขั้นนี้ค่า E1/E2 จะสูงขึ้นกว่าในขั้นแบบเดี่ยว

3. ขั้น 1 : 100 (ภาคสนาม) คือ ในขั้นนี้จะทำการทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 30-40 คน ชั้นเรียนที่เลือกมาทดลองจะต้องเป็นชั้นเรียนที่มีผู้เรียนที่มีความสามารถคละกันไปทั้งเด็กอ่อนปานกลาง และเก่ง ไม่ควรเลือกห้องเรียนที่มีผู้เรียนเก่งล้วนหรือผู้เรียนที่อ่อนล้วนนำผลที่ได้มาพิจารณาปรับปรุงเพื่อนำมาใช้จริงในสภาพชั้นเรียนทั่วไป ในชั้นนี้ค่า E1/E2 จะใกล้เคียงหรือเท่ากับเกณฑ์

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ในลักษณะเป็นบทเรียนแบบโปรแกรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ได้แก่

บุญประเสริฐ แต้สวัสดิ์ (2548 : บทคัดย่อ) การวิจัยนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องการสร้างภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ.2546 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคนิคชุมพร ที่กำลังเรียนวิชาเครื่องรับโทรทัศน์ จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องการสร้างภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ ที่สร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.43/82.21 สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ที่กำหนดไว้ สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ประยุทธ์ นิลวงศ์ (2548 : 39) ได้ทำการสร้างคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการฝึกปฏิบัติงานคอมเพรสเซอร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมิน ด้านเนื้อหามีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.67 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.288 มีความหมายระดับประสิทธิภาพในระดับดีมากและประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคะแนนเฉลี่ยสะสม 4.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.173 มีความหมายระดับประสิทธิภาพในระดับดีมากจากการประเมินประสิทธิภาพทั้งสองด้านร่วมกันมีคะแนนเฉลี่ย 4.71 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.23 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการฝึกปฏิบัติงานคอมเพรสเซอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้การเรียนการสอนได้

ยิ่งศักดิ์ และเลิศผล (2546 : บทคัดย่อ) ทำการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การมอดูเลชั่นแบบแอมปลิจูด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2545 จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การมอดูเลชั่นแบบแอมปลิจูด มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

รัฐพล จินะวงค์ (2546 : 99) จากการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริม เรื่องแผนภูมิสมิทธ์ ที่สร้างขึ้น พบว่ามีประสิทธิภาพมากกว่า 3.50 ในทุกด้าน ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 3.50 ขึ้นไปในทุกด้าน สามารถสรุปประสิทธิภาพบทเรียนในด้านต่าง ๆ ไว้ 3 ด้านด้านเนื้อหา มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 4.16 ด้านเทคโนโลยีการศึกษา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 4.22 ด้านซอร์ฟแวร์ มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 4.04 ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 4.16 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือมีค่าประสิทธิภาพ 3.50 ขึ้นไปในทุกด้าน จึงสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมนี้ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ศรัณย์ รินคำ (2548 : 61) จากผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ บทเรียนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในระดับดีและดีมาก เห็นได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินด้านเนื้อหามีค่าคะแนนเฉลี่ย 4.45 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.16 มีความหมายระดับประสิทธิภาพในระดับดี เนื่องมาจากบทเรียนมีเนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหามีความเหมาะสมกับผู้เรียน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคะแนนเฉลี่ยสะสม 4.42 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.38 มีความหมายระดับประสิทธิภาพในระดับดีเนื่องจากบทเรียนมีเทคนิคในการนำเข้าสู่บทเรียนที่น่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาย ศรีสกุลเตียว (2545 : บทคัดย่อ) ทำการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ ตามหลักสูตร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี(พ.ศ.2543) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ได้ทำการทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะวิชาไฟฟ้า แผนกอิเล็กทรอนิกส์ ชั้นปีที่ 5 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2545 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลซ์และสวิทชิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตช์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการเรียนจากการเรียนปกติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 โดยนักศึกษาที่เรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกตามความสามารถแบบอิงเกณฑ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า นักศึกษาที่เรียนตามปกติ มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้

สมศักดิ์ จีวัฒนา (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ โดยใช้กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาวิชาระบบการสื่อสารข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ 87.64/91.61 เมื่อนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียน และการทดสอบหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยการทดสอบค่า (t-test) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05

เสกสรร แย้มพินิจ (2543 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัย ชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย เพื่อหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 87.78 : 80.55 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80:80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01

สุทธี ทับทองดี (2546 : บทคัดย่อ) เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติของท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยมในย่านความถี่สูง และหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ จำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น ได้ผ่านการประเมินประสิทธิภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.57 ซึ่งมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี และการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนผู้เรียนมีผลคะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ดังนั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้

อรไท ก้อนมณี (2548 : บทคัดย่อ) การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา เรื่องการถอด–การประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในวิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเบื้องต้น ตามหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น พุทธศักราช 2540 มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ กลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ เป็นผู้เรียนหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น วิทยาลัยสารพัดช่างลพบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อผู้เรียนศึกษาส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการทดสอบโดยการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางการเรียนภาคทฤษฎี หัวข้อส่วนประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 40 ข้อ ผู้เรียนสามารถผ่านเกณฑ์มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 87.87 ผู้เรียนที่ผ่านการประเมินแล้ว สามารถฝึกปฏิบัติด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้น และเข้ารับการประเมินจากครูฝึก ผลการประเมินพบว่า มีผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินคิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้เรียนทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 94.89 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยส่วนใหญ่มีการทำวิจัยในลักษณะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนขึ้นมาเพียงหัวเรื่องเดียว และทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์กับวิธีการสอนปกติ หรือเปรียบเทียบผลกับการใช้สื่อประเภทอื่นๆ ต่อมาในระยะหลังเริ่มมีการวิจัยเพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีเนื้อหาครบถ้วนทั้งรายวิชาและสอดคล้องกับหลักสูตรที่ใช้ในการเรียนการสอนจริง และทำการทดลองการหาประสิทธิภาพของบทเรียนด้านประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์ ซึ่งผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า บทเรียนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ดังนั้นการทำวิจัย เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่องโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานของโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) จำนวนนักศึกษา 30 คน ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป ใช้วิธีแบบจับฉลาก

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้า แบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง มีขั้นตอนการพัฒนาบทเรียนตามแนวทางของ IMMCAI ตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การวิเคราะห์เนื้อหาของบทเรียน (Analysis)

เริ่มจากกำหนดเนื้อหาหัวข้อบทเรียน ที่ทำการสอนเสริมและกำหนดวัตถุประสงค์กำหนดกลุ่มเป้าหมายของบทเรียนหรือผู้ใช้บทเรียน ซึ่งเป็นเครื่องมือของการศึกษาวิจัย การวิเคราะห์เนื้อหามีขั้นตอนดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

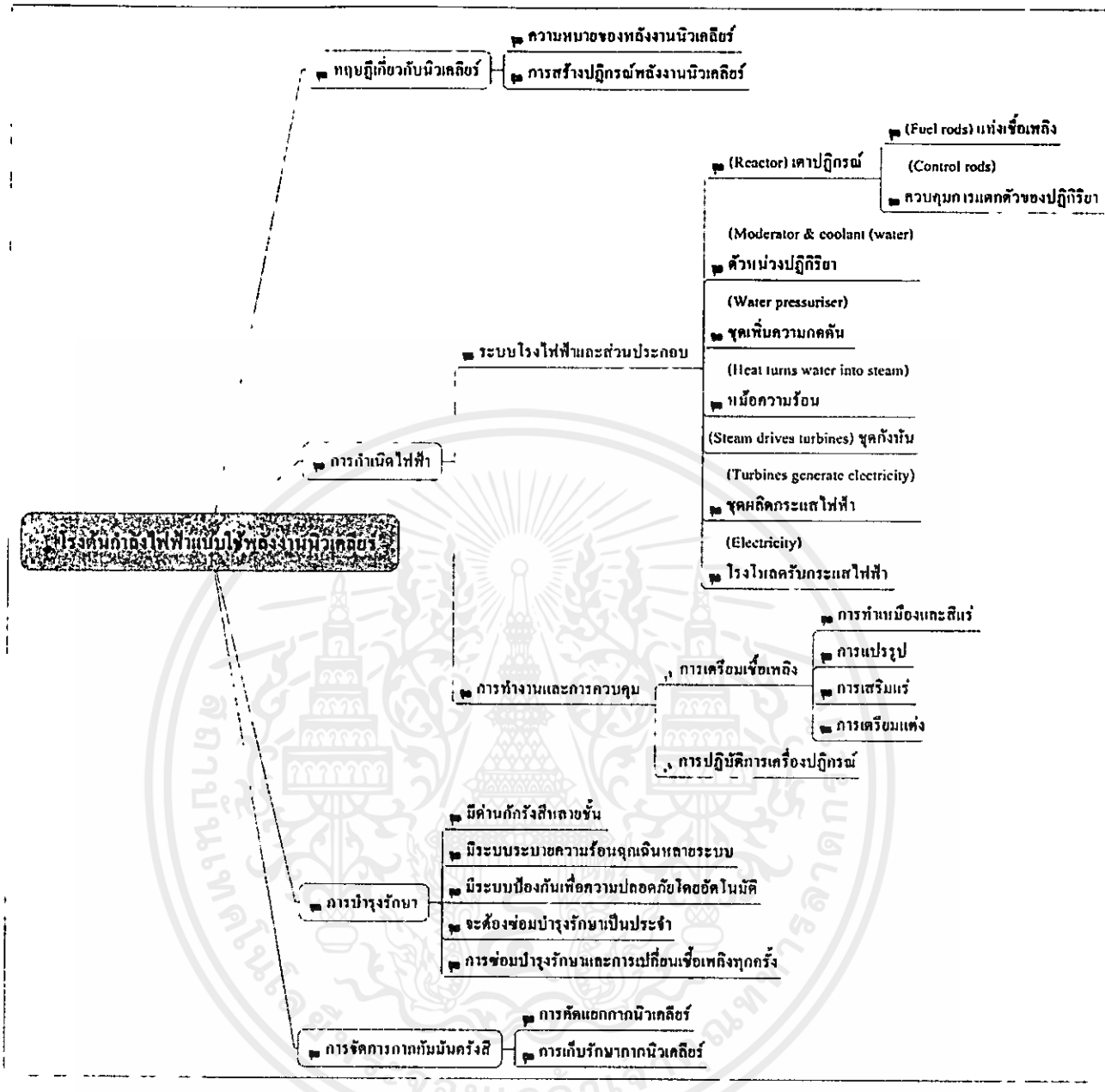
1) การวิเคราะห์ความสำคัญของเนื้อหา

การวิเคราะห์ระดับความสำคัญของเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ให้มีความสอดคล้อง ในรหัสวิชา 3104-2103 วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า โดยเนื้อหาได้แหล่งที่มาจาก (ผศ.ดร.สมพร จองคำ นายกสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย, www.nst.or.th) และกำหนดความสำคัญของกรอบเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียน

2) การสร้างแผนภูมิระดมสมอง (Brain Storm Chart)

วิเคราะห์เนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียน โดยผู้วิจัยเห็นว่าควรจะนำมาสอนเสริมความรู้โดยอาศัยประสบการณ์และพิจารณาร่วมกับคำอธิบายรายวิชา โดยในขั้นตอนนี้ จะยังไม่ต้องคำนึงถึงความสมบูรณ์เป็นสำคัญ แต่ต้องการระดมหัวเรื่องที่ต้องการสอนให้ได้มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

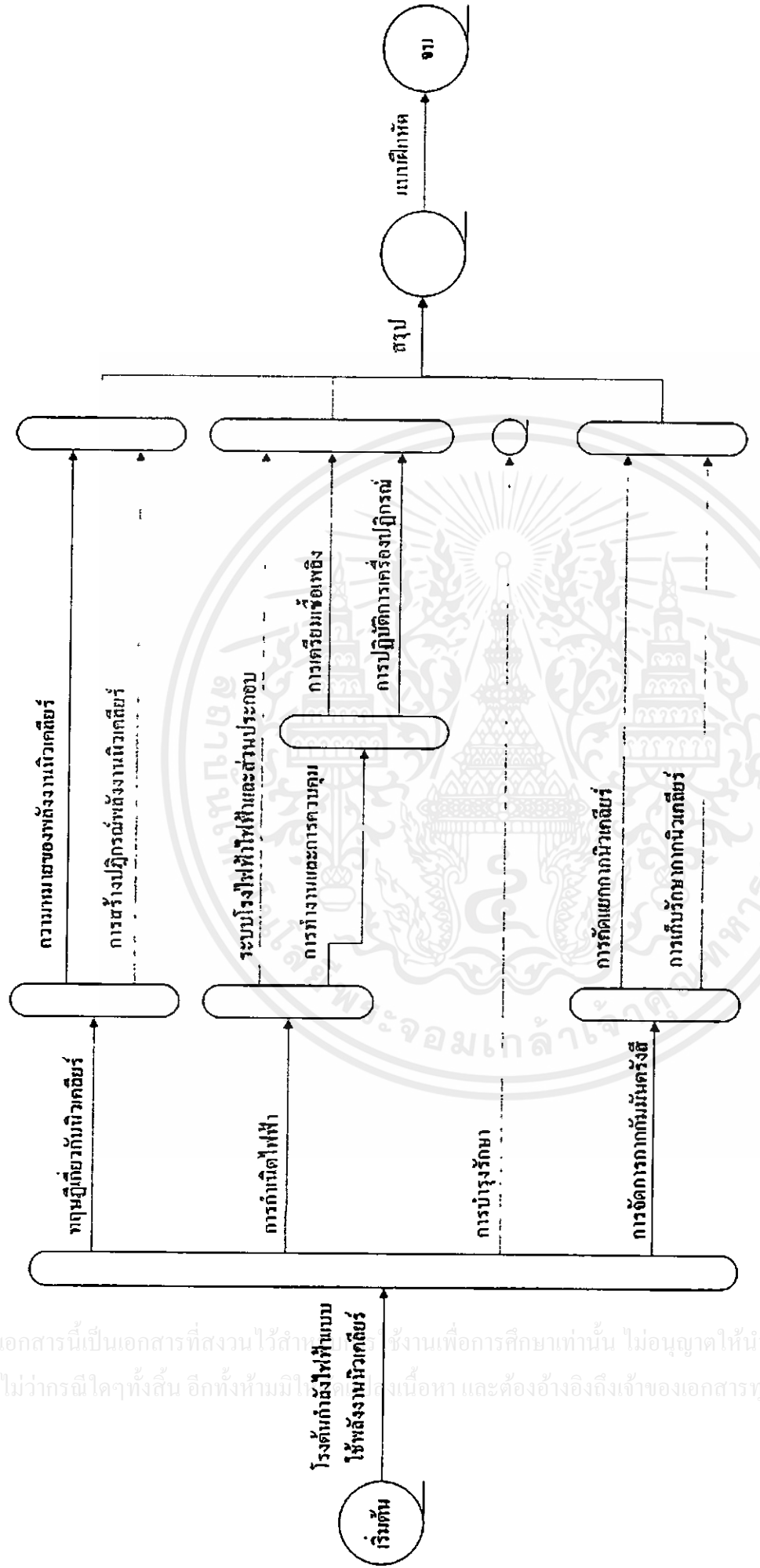


ภาพที่ 3.1 แผนภูมิระดมสมองหัวเรื่อง โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

3) สร้างแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา (Content Network Chart)

เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหัวเรื่องเนื้อหาโดยวิธีการวิเคราะห์ข่ายงาน (Network Analysis) เริ่มจากการนำแผนภูมิหัวเรื่องสัมพันธ์ในข้อ 2 มาจัดลำดับการเรียนแต่ละหัวเรื่องว่ามีลำดับเนื้อหาการเรียนก่อนหลังอย่างไร โดยพิจารณาความยากง่ายของเนื้อหาประกอบ หัวเรื่องใดบ้างที่สามารถเรียนไปพร้อมหรือคู่ขนานกันได้ และหัวเรื่องใดบ้างที่ต้องเรียนตามลำดับก่อนหลังตามความยากง่าย หรือเนื้อหาเป็นพื้นฐานของหัวเรื่องต่อไป เป็นต้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ นำเสนอให้เห็นถึงลำดับการเรียนเนื้อหาด้วยแผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา ดังแสดงในรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แผนภูมิโครงข่ายเนื้อหา โรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

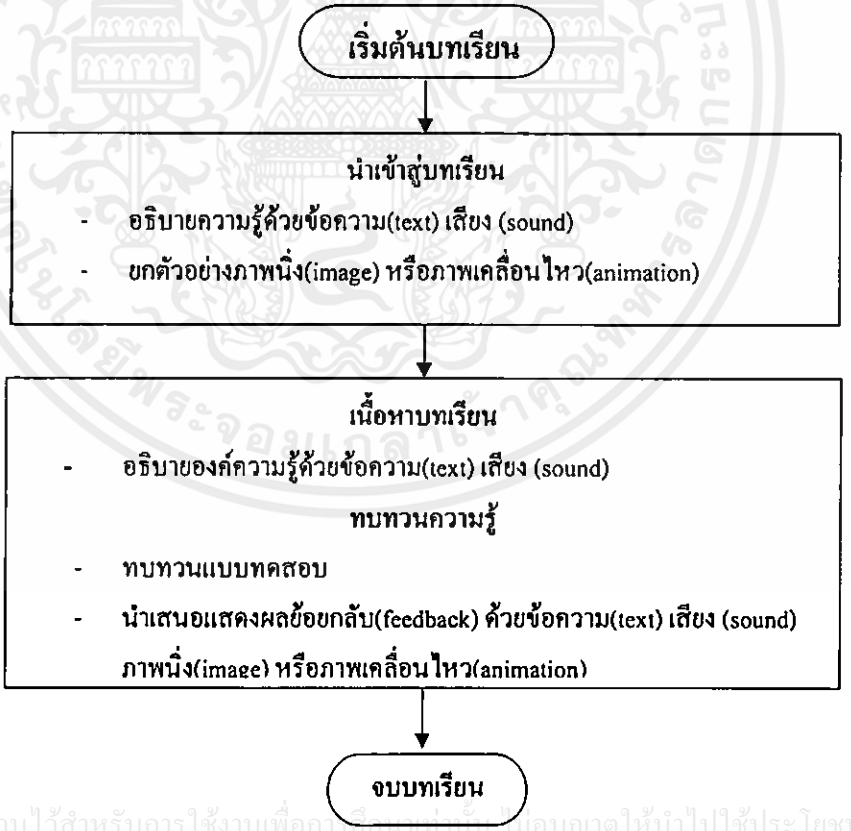
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การออกแบบการสอนในบทเรียน (Design)

การออกแบบเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดวิธีการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียน ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ โดยออกแบบหน่วยการเรียนจะพิจารณาภายใต้เงื่อนไขเวลาที่กำหนด และคำนึงถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาแล้วเขียนวัตถุประสงค์ของเนื้อหากำกับไว้อย่างชัดเจน หลังจากนั้นนำมาลำดับแผนการนำเสนอบทเรียนจึงกำหนดใช้เวลา 4 คาบ กำหนดหน่วยละ 1 คาบ ๆ ละ 50 นาที ผู้วิจัยได้ออกแบบให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหน่วยใดก่อนก็ได้ ตามความต้องการ หรือเลือกเรียนบทเรียนขณะกำลังอยู่หน่วยใดก็ได้เช่นกัน

2. สร้างแผนภูมิการนำเสนอเนื้อหา ขั้นนี้เป็นการออกแบบการสอน(Instructional Design) ลำดับในการนำเสนอเนื้อบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนให้สอดคล้องกับกระบวนการเรียนการสอนจริง ประกอบด้วยขั้นตอนของการนำเข้าสู่เนื้อหาบทเรียน ขั้นตอนการเสนอเนื้อหา ขั้นตอนการเสริมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมและแบบฝึกหัด ซึ่งในการนำเสนอเนื้อหาจะต้องทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการเสนอเนื้อหาบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การพัฒนาบทเรียน (Development)

ในขั้นตอนของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มีขั้นตอนดำเนินงานย่อย ๆ ตามลำดับ ดังนี้

1. เขียนรายละเอียดเนื้อหาตามรูปแบบที่ได้กำหนด (Script Development)

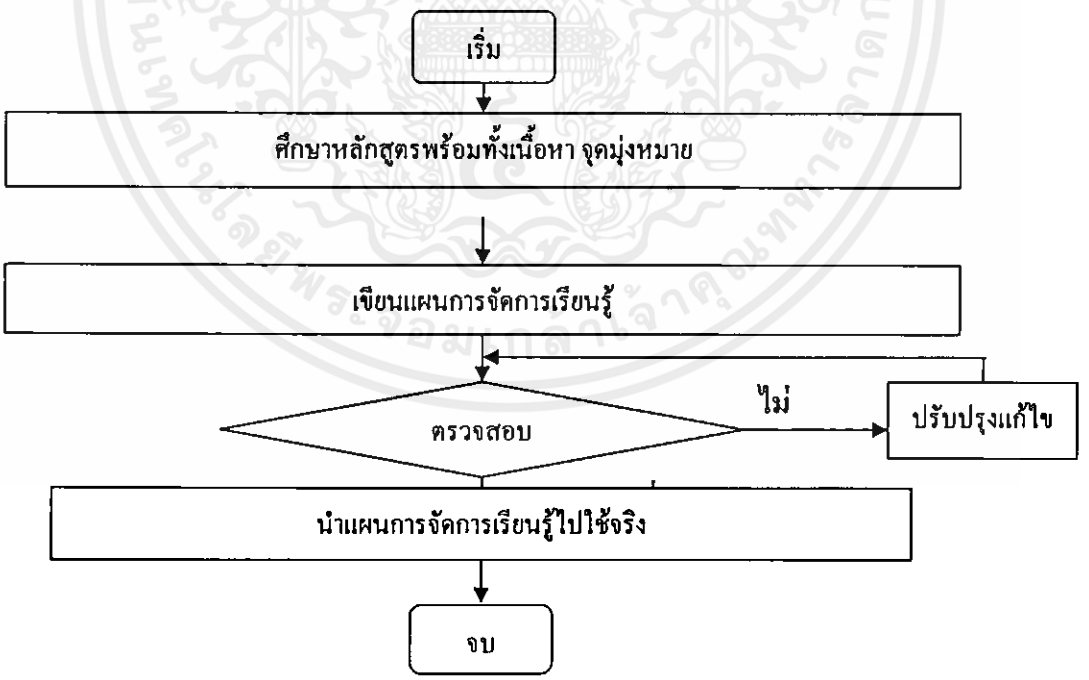
ขั้นตอนนี้เป็นการนำเนื้อหาที่ได้เรียบเรียงไว้ มาเขียนเป็นกรอบ ๆ ตามที่ได้วางแผนไว้ โดยต้องกำหนด ภาพ เสียง สี วิดีโอ และการกำหนดปฏิสัมพันธ์ไว้ให้สมบูรณ์

2. จัดทำลำดับเนื้อหา (Storyboard Development)

ขั้นตอนนี้เป็นการนำเอากรอบเนื้อหาหรือที่เขียนเป็น Script ในข้อ 1 มาเรียบเรียงลำดับการนำเสนอที่ได้วางแผนไว้ ซึ่งยังเป็นเอกสารสิ่งพิมพ์อยู่ ได้กรอบเนื้อหาและแบบฝึกหัดทั้งหมด ซึ่งจะเป็นกรอบหรือเฟรม (Frame) ที่นำไปใช้ในขั้นตอนของการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. นำเนื้อหาที่ยังเป็นสิ่งพิมพ์นี้มาหาค่าความถูกต้อง (Content Correctness)

นำกรอบเนื้อหา เสนออาจารย์ ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบเพื่อไปปรับปรุงให้เนื้อหาแต่ละกรอบมีความสมบูรณ์ของเนื้อหามากยิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กำหนดหัวข้อ จุดประสงค์ และสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ โดยผู้วิจัยได้แบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ

1) แบบประเมินหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ด้านเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วย

- ความคิดเห็น ด้านเนื้อหาถูกต้อง จัดแบ่งตอนได้เหมาะสม จำนวน 8 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านรูปภาพและตัวอักษร จำนวน 4 ข้อ

2) แบบประเมินหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

- ความคิดเห็น ด้านสื่อการนำเสนอมีรูปแบบโดดเด่นน่าสนใจ จำนวน 4 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านภาพการให้สีที่เหมาะสมสวยงามจำนวน 6 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านตัวอักษรจำนวน 6 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านเสียงบรรยายชัด ถูกต้อง และภาษาสื่อความหมายได้ชัดเจน จำนวน 3 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านเวลา จำนวน 2 ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านการเสริมแรงและข้อมูลย้อนกลับจำนวน 2ข้อ
- ความคิดเห็น ด้านการจัดกระบวนการเรียนจำนวน 2 ข้อ

3) แบบประเมินทั้ง 2 ฉบับมีลักษณะใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

เกณฑ์การให้คะแนนรายข้อ

ระดับ 5 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้มากที่สุด

ระดับ 4 มีประสิทธิบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ภาพมาก

ระดับ 3 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ปานกลาง

ระดับ 2 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้พอใช้

ระดับ 1 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ควรปรับปรุง

เกณฑ์การแปลความหมายประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

4.50-5.00 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้มากที่สุด

3.50-4.49 มีประสิทธิบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ภาพมาก

2.50-3.49 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ปานกลาง

1.50-2.49 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้พอใช้

1.00-1.49 มีประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ควรปรับปรุง

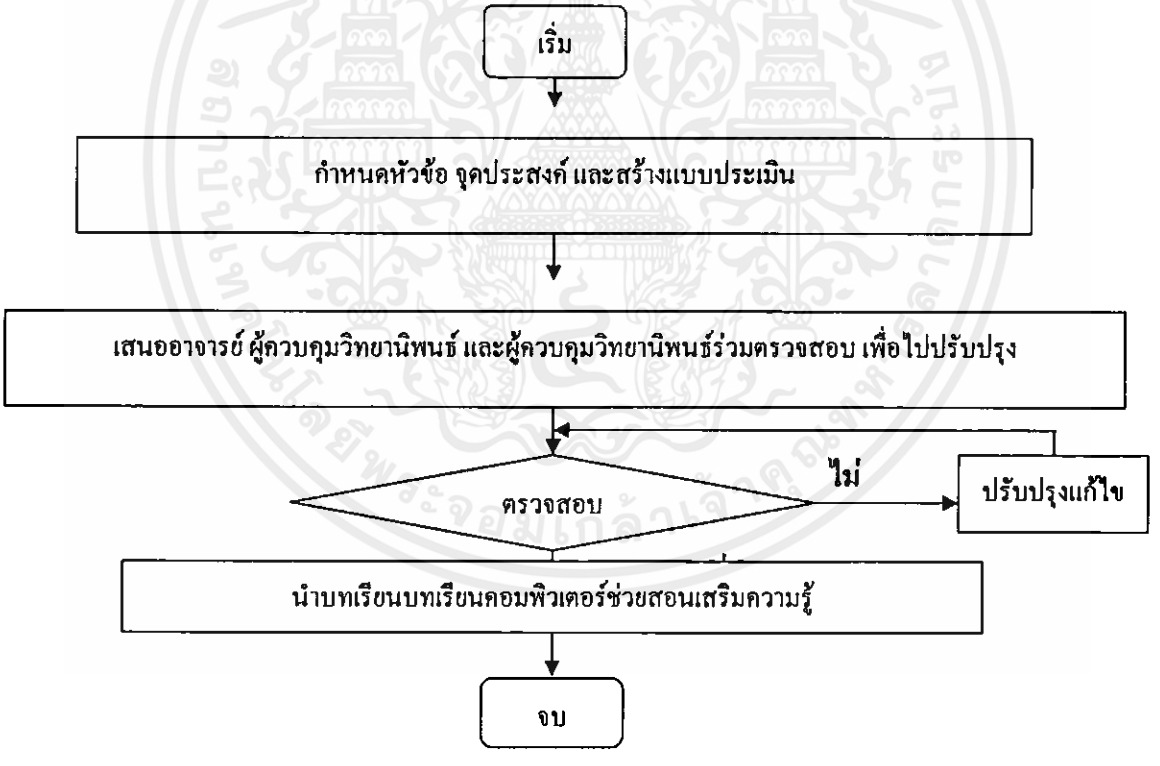
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำแบบประเมินประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ เพื่อไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

6. ให้ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านการผลิตสื่อทำการประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

7. นำแบบประเมินประสิทธิภาพ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำหนดเกณฑ์ในการประเมินต้องได้รับความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิในระดับ 3.50 ขึ้นไปจึงจะยอมรับ ได้ว่ามีประสิทธิภาพ แต่ถ้าผลการประเมินต่ำกว่า 3.50 ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ขั้นตอนดำเนินการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้สามารถเขียนไปเป็นแผนลำดับขั้นตอนการสร้างได้ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ และการนำไปใช้ประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ

9. ศึกษาวิธีสร้างและเทคนิคการสร้าง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลและการสร้างแบบทดสอบ

10. ศึกษาเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

11. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อให้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้

12. นำแบบสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เสนออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหา

13. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ไปหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด ภาษที่ใช้ และความเหมาะสมของตัวเลือก ตัวลวง

กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ที่ใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเสริมความรู้ เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ด้านเนื้อหา เพื่อแสดงความคิดเห็น มีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. อาจารย์อัชรี หมอยาดี หัวหน้าสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง
2. อาจารย์สิริศร มิตรานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
3. อาจารย์วีรพงศ์ อุดมผล ตำแหน่ง คศ.2 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) และลงความเห็นโดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างทดสอบกับจุดประสงค์เป็นรายข้อ ซึ่งใช้หลักเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่แน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์

ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแบบทดสอบ แล้วนำบันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ ไปหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค IOC (Index of Item-Objective Congruence) ดังสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

R หมายถึง คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละคน

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

14. คัดเลือกแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปตามความเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อให้ได้แบบทดสอบจำนวน 40 ข้อ

15. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

16. นำกระดาษคำตอบของนักศึกษามาตรวจให้คะแนน โดยพิจารณาข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือบตอบเกิน 1 ตัวเลือก ให้ 0 คะแนน

17. นำผลมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ดังสูตร

$$p = \frac{H - L}{N}$$

$$r = \frac{H - L}{\frac{N}{2}}$$

โดยที่ p คือ ค่าความยากง่าย

r คือ ค่าอำนาจจำแนก

H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

เลือกข้อสอบที่มีความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก จำนวน 40 ข้อ

18. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ ไปใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลังชั้นปีที่ 2 เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder Richardson ดังสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r_{tt} = \frac{N}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$$

โดยที่ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

N คือ จำนวนข้อในเครื่องมือวัด

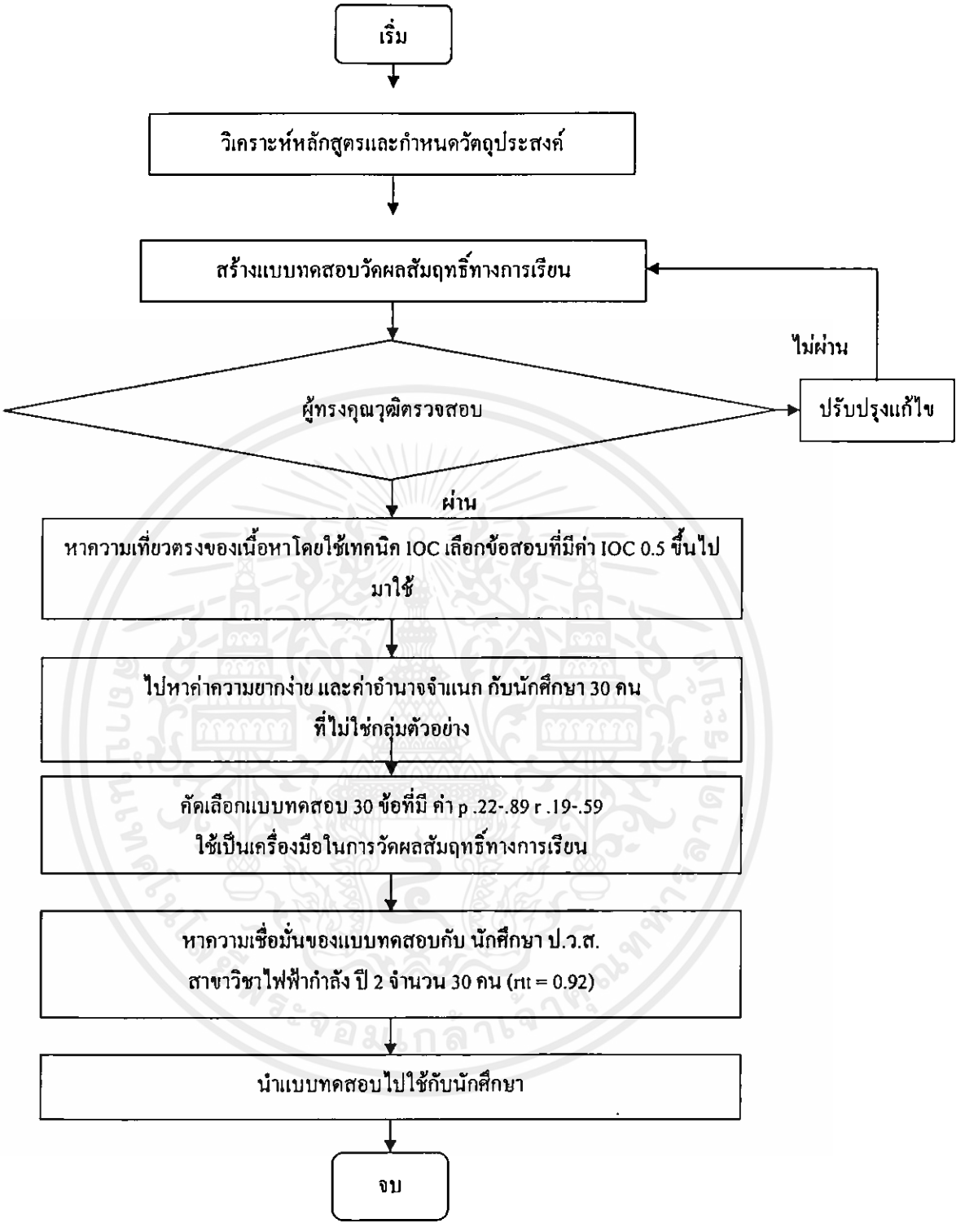
p คือ สัดส่วนของผู้ทำได้ในข้อหนึ่งๆ นั่นคือสัดส่วนของคนทำถูกกับคนทั้งหมด

q คือ สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ หรือ 1-p

s_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดฉบับนั้น

19. นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ทั้งกลุ่ม ทดลองและกลุ่มควบคุม ขั้นตอนดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถเขียนเป็นแผนผังลำดับขึ้นตอนการสร้างได้ดังแสดงในภาพที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

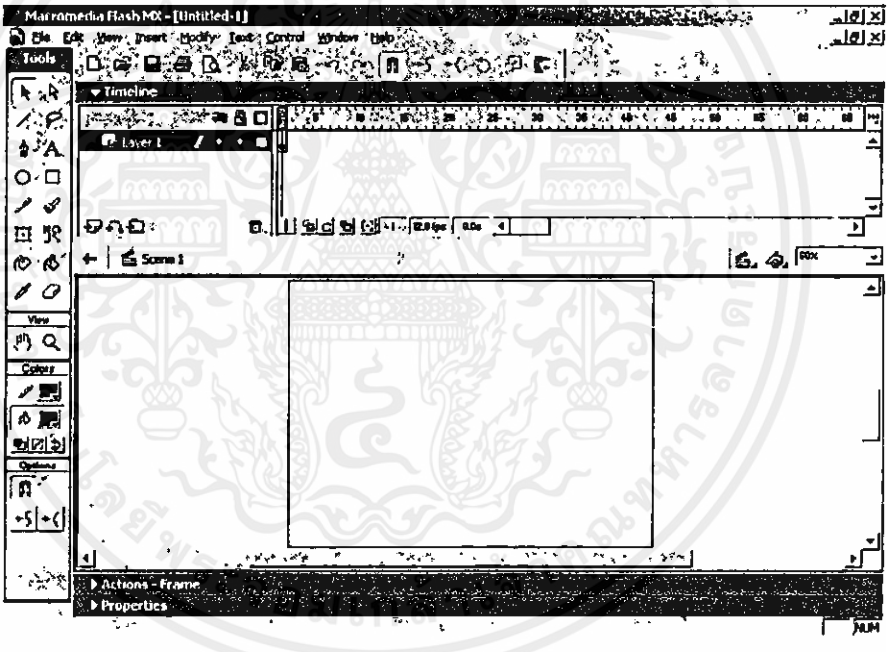
3.2.4 การนำเสนอบทเรียนบทคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ (Implementation)

การสร้างของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเสริมความรู้ เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เพื่อเป็นเครื่องมือหลักในการสร้าง ผู้วิจัยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์หลักสูตร นำเนื้อหาที่จะทำการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเสริมความรู้ เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เริ่มจากการกำหนดหัวเรื่องที่จะสร้าง

2. กำหนดวัตถุประสงค์โดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไป สามารถตรวจสอบและวัดผลได้

3. นำเนื้อหาที่ได้ จากการวิเคราะห์ออกแบบบทเรียนไว้จัดสร้างในคอมพิวเตอร์ โดยใช้ซอฟต์แวร์ Macromedia FlashMX ซึ่งมีความสามารถในการนำเสนองานมัลติมีเดีย ลักษณะหน้าต่างของซอฟต์แวร์ Macromedia FlashMX (Educational Version) ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ซอฟต์แวร์ Macromedia FlashMX เครื่องมือหลักในการสร้างบทเรียน

4. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่สร้างเสนอ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้เพื่อหาข้อบกพร่อง ผู้วิจัยจะนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป

5. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่สร้างเสร็จเสนอ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและผู้ทรงคุณวุฒิด้านการผลิตสื่อ ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เพื่อหาประสิทธิภาพและข้อแนะนำ ซึ่งผู้วิจัยจะนำมาแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน ที่ใช้แบบประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเสริมความรู้ เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ด้านสื่อ เพื่อแสดงความคิดเห็น มีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. ผ.ศ.ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2. อาจารย์ฉัตรชัย เรืองไทย อาจารย์ระดับ 7 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

3. อาจารย์คนึงนิตย์ ปารีเรียม คศ.2 วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

6. จัดทำคู่มือ (User Manual) เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมเสริมความรู้ เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ เมื่อบทเรียนได้ผ่านขั้นตอนการประเมินประสิทธิภาพและผลสัมฤทธิ์เรียบร้อยแล้ว

3.2.5 ขั้นประเมินผลบทเรียน หรือ การหาประสิทธิภาพ (Evaluation)

ให้กลุ่มตัวอย่าง 30 คน ในการวิจัยครั้งนี้ ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เมื่อเรียนจบให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน จากนั้นนำแบบทดสอบไปตรวจ และวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ก่อนนำไปใช้จริงโดยมีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- ทดลองโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่สร้างขึ้น และให้นักศึกษาตอบคำถามซึ่งเป็นแบบฝึกหัดในทุกกรอบของบทเรียน
- ทดสอบหลังการทดลอง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ตามเกณฑ์ที่กำหนดเท่ากับ 80/80 โดยใช้สูตร

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพทางการเรียนระหว่างเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

E_2 แทน ประสิทธิภาพทางการเรียนหลังเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนเรียนสามารถทำแบบทดสอบได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

$\sum X$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน

$\sum F$ แทน คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N แทน จำนวนผู้เรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหลังจากจบบทเรียนแต่ละหน่วย

B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบรวมหลังเรียน

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ได้พัฒนาและเพื่อหาประสิทธิภาพทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยด้วยตนเองตามขั้นตอนดังนี้

1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่มีค่าเฉลี่ยในการประเมินความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปยอมรับได้ ว่ามีประสิทธิภาพ แต่ถ้าต่ำกว่า 3.50 ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

3. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มาหาประสิทธิภาพโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากนักศึกษาปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง จำนวน 30 คน

4. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ที่มีประสิทธิภาพทดลองเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบจับฉลาก

4.2 ระยะเวลาในการทดลอง จำนวน 4 หน่วยการเรียน ใช้เวลา 4 คาบ กำหนดหน่วยละ 1 คาบ

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

4.4 ขอหนังสือราชการเพื่อขอความร่วมมือ ในการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อติดต่อกับผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี เพื่อทำการทดลองเก็บข้อมูล

4.5 ดำเนินการสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนกับกลุ่มทดลองดังนี้

- อธิบายวิธีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ปุ่มต่างๆ ให้แก่นักศึกษาเพื่อจะเข้าใจ การใช้และวิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

- อธิบายบทบาทของนักศึกษาที่เป็นเป้าหมายของการเรียนและวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ในการทดลอง

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ดำเนินการทดลอง โดยให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ตามเวลาที่กำหนด 4 คาบ คาบละ 50 นาที

- เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้นักศึกษาทำการทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

- เมื่อเรียนจบแต่ละเรื่องย่อย ทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบฝึกหัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนจบ

-ตรวจผลการสอบเพื่อนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

3.4.1 หาค่าสถิติพื้นฐาน

3.4.1.1 ค่าเฉลี่ย (ล้วน และอังคณา, 2545 : 73)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

โดยที่ $\bar{x}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

n หมายถึง จำนวนข้อมูล

x หมายถึง คะแนนแต่ละจำนวน

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

3.4.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ล้วน และอังคณา, 2545: 73)

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

โดยที่ S.D. หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

n หมายถึง จำนวนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 สถิติที่ใช้พัฒนาแบบทดสอบ วัดหาประสิทธิภาพทางการเรียน การพัฒนาแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้น ใช้สถิติในการวิเคราะห์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.4.2.1 วิเคราะห์หาความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยการนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาให้คะแนนความสอดคล้องของข้อสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

R หมายถึง คะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละคน

N หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การกำหนดคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิอาจจะเป็น +1 หรือ 0 หรือ –1 ดังนี้

+1 = แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง

0 = ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

-1 = แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้

ค่าดัชนีความสอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

3.4.2.2 การหาค่าความเชื่อมั่น(Reliability)ของแบบทดสอบ ใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson-20) (ล้วน และอังคณา, 2545 : 73)

$$r_{tt} = \frac{N}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum pq}{s_t^2}\right\}$$

โดยที่ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

N คือ จำนวนข้อในเครื่องมือวัด

p คือ สัดส่วนของผู้ทำได้ในข้อหนึ่งๆ นั่นคือสัดส่วนของคนทำถูกกับคนทั้งหมด

q คือ สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ หรือ 1-p

s_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดฉบับนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

s_t^2 คือ คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือวัดฉบับนั้น

N คือ จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

C คือ ค่าของคะแนนแต่ละคน

3.4.3.3 การวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (Difficulty) และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบ โดยใช้สถิติดังนี้

ค่าความยากง่าย (Difficulty) และหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 210-211)

สูตร $p = \frac{R_h + R_L}{n_h + n_L}$, สูตร $r = \frac{R_h - R_L}{n_h, n_L}$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

r แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

R_h แทน จำนวนคนที่ตอบข้อคำถามถูกในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ตอบข้อคำถามถูกในกลุ่มต่ำ

n_h แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง

n_L แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

3.4.3.4 สถิติในการทดสอบสมมติฐานการวิจัย (ล้วน และอังคณา, 2545 : 73)

วิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเท่ากับ 80/80

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \text{ และ } E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพทางการเรียนระหว่างเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

E_2	แทน	ประสิทธิภาพทางการเรียนหลังเรียน โดยคิดจากคะแนนที่ผู้เรียนสามารถทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ
$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน
$\sum F$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน
N	แทน	จำนวนผู้เรียน
A	แทน	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดหลังจากจบบทเรียนแต่ละหน่วย
B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบรวมหลังเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี ได้วิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

การประเมินหาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ด้านเนื้อหา โดยทำการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในตารางที่ 4.1 และ ด้านสื่อ โดยทำการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ (ด้านเนื้อหา) N=3

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะกับระดับผู้เรียน	4.33	0.42	ดี
3. ความถูกต้องของเนื้อหาตามขั้นตอน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความชัดเจนการอธิบายเนื้อหา	4.66	0.24	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของบทเรียน	4.33	0.42	ดี
6. ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาแต่ละ หน่วย/ตอน/เรื่อง	5.00	0.00	ดีมาก
7. ลำดับเรื่องในการนำเสนอเนื้อหา	4.66	0.24	ดีมาก
8. ความสอดคล้องของเนื้อหากับหัวเรื่องในแต่ละหน่วย	5.00	0.00	ดีมาก
รวม	**4.75**	**0.29**	**ดีมาก**

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านภาพและตัวอักษร			
9. รูปนำเสนอมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
10. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	4.66	0.24	ดีมาก
11. ความสอดคล้องระหว่างรูปภาพกับคำบรรยาย	4.66	0.24	ดีมาก
12. รูปภาพมีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	4.66	0.24	ดีมาก
รวม	**4.75**	**0.29**	**ดีมาก**
ด้านเวลาในการนำเสนอ			
13. ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
14. ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4.33	0.42	ดี
15. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	4.00	0.00	ดี
รวม	**4.44**	**0.47**	**ดี**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.64**	**0.23**	**ดีมาก**

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหามีความคิดเห็นโดยแบ่งตามหัวข้อรายการที่ประเมิน ดังนี้

ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.75 , S.D. = 0.29 จำแนกเป็นรายข้อ พบว่า (1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (2) เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะกับระดับผู้เรียน ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (3) ความถูกต้องของเนื้อหาตามขั้นตอน ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (4) ความชัดเจนการอธิบายเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (5) ความเหมาะสมของบทเรียน ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (6)ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาแต่ละ หน่วย/ตอน/เรื่อง ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (7) ลำดับเรื่องในการนำเสนอเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (8) ความสอดคล้องของเนื้อหากับหัวเรื่องในแต่ละหน่วย ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก

ด้านภาพและตัวอักษร ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.75 , S.D. = 0.29 จำแนก เป็นรายข้อ พบว่า (9) รูปนำเสนอมีความสอดคล้องกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (10) ความถูกต้องของภาษาที่ใช้ ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (11) ความสอดคล้องระหว่างรูปภาพกับคำบรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (12) รูปภาพมีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ด้านเวลาในการนำเสนอ ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.44 , S.D. = 0.47 จำแนก เป็นรายข้อ พบว่า (13) ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (14) ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (15) ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด ค่าเฉลี่ย 4.00 , S.D. = 0.00 ระดับดี

การประเมินหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ด้านสื่อ โดยทำการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ (ด้านสื่อ) N=3

รายการที่ประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
สื่อการนำเสนอมีรูปแบบโดดเด่นน่าสนใจ			
1. สื่อนำเสนอสอนตรงกันกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	5.00	0.00	ดีมาก
2. ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4.66	0.24	ดีมาก
3. ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงตามขั้นตอนของเนื้อหาการเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความน่าสนใจในการนำเสนอเนื้อหาของสื่อ	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.91**	**0.15**	**ดีมาก**
ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม			
5. ประสิทธิภาพของรูปภาพมีความคมชัด	5.00	0.00	ดีมาก
6. ความเหมาะสมของรูปภาพตรงกับเนื้อหา	4.66	0.24	ดีมาก
7. ความสัมพันธ์ของภาพตรงกับการบรรยาย	4.33	0.42	ดี
8. ความเหมาะสมสีของภาพ ที่ใช้ในบทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับภาพโดยรวม	5.00	0.00	ดีมาก
10. การจัดวางLayout ช่วยให้อ่านง่าย และสบายตา	4.66	0.24	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.77**	**0.31**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
ตัวอักษร			
11. ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	4.33	0.42	ดี
12. ความเหมาะสมของตัวอักษรขนาดตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
13. ความชัดเจนของตัวอักษรสีของตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
14. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.66	0.24	ดีมาก
15. ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก	5.00	0.00	ดีมาก
16. ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.83**	**0.23**	**ดีมาก**
เสียงบรรยายชัด ถูกต้อง และภาษาสื่อความหมายได้ชัดเจน			
17. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในการบรรยาย	4.33	0.42	ดี
18. ความชัดของเสียงที่บรรยาย	4.33	0.42	ดี
19. ความเหมาะสมของเสียงประกอบการบรรยาย	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.55**	**0.23**	**ดีมาก**
เวลา			
20. ความเหมาะสมของเวลาการนำเสนอกับเนื้อหาของภาพในแต่ละเรื่อง	4.66	0.24	ดีมาก
21. ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหาทั้งหมด	4.66	0.24	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.66**	**0.24**	**ดีมาก**
การเสริมแรงและข้อมูลย้อนกลับ			
22. มีความเหมาะสมในการใช้งานควบคุมบทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
23. การทบทวนย้อนกลับหลังเรียนในเนื้อหาที่ไม่เข้าใจสามารถกระทำโดยง่าย	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**5.00**	**0.00**	**ดีมาก**
การจัดกระบวนการเรียน			
24. ความสะดวก และความคล่องตัวในการใช้บทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
25. ระบบเสียงในการบรรยาย	4.33	0.42	ดี
เฉลี่ย	**4.66**	**0.24**	**ดีมาก**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.77**	**0.31**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อมีความคิดเห็นโดยแบ่งตามรายการที่ประเมิน ดังนี้

สื่อการนำเสนอมีรูปแบบโดดเด่นน่าสนใจ ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.91 , S.D. = 0.15 (1) สื่อนำเสนอสอนตรงกันกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (2) ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (3) ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงตามขั้นตอนของเนื้อหาการเรียน ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (4) ความน่าสนใจในการนำเสนอเนื้อหาของสื่อ ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก

ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.77 , S.D. = 0.31 (5) ประสิทธิภาพของรูปภาพมีความคมชัด ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (6) ความเหมาะสมของรูปภาพตรงกับเนื้อหา ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (7) ความสัมพันธ์ของภาพตรงกับการบรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (8) ความเหมาะสมสีของภาพ ที่ใช้ในบทเรียน ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (9) ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับภาพโดยรวม ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (10) การจัดวางLayout ช่วยให้อ่านง่าย และสบายตา ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก

ตัวอักษร ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.83 , S.D. = 0.23 (11) ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (12) ความเหมาะสมของตัวอักษรขนาดตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (13) ความชัดเจนของตัวอักษรสีของตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (14) ความเหมาะสมของสีตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (15) ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (16) ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก

เสียงบรรยายชัด ถูกต้อง และภาษาสื่อความหมายได้ชัดเจน ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.55 , S.D. = 0.23 (17) ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในการบรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (18) ความชัดของเสียงที่บรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี (19) ความเหมาะสมของเสียงประกอบการบรรยาย ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก

เวลา ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.57 (20) ความเหมาะสมของเวลาการนำเสนอกับเนื้อหาของภาพในแต่ละเรื่อง ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก (21) ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหาทั้งหมด ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 ระดับดีมาก

การเสริมแรงและข้อมูลย้อนกลับ ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 (22) มีความเหมาะสมในการใช้งานควบคุมบทเรียน ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (23) การทบทวนย้อนกลับหลังเรียนในเนื้อหาที่ไม่เข้าใจสามารถกระทำโดยง่าย ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดกระบวนการเรียน ในภาพรวมพบว่าอยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.66 , S.D. = 0.24 (24) ความสะดวก และความคล่องตัวในการใช้บทเรียน ค่าเฉลี่ย 5.00 , S.D. = 0.00 ระดับดีมาก (25) ระบบเสียงในการบรรยาย ค่าเฉลี่ย 4.33 , S.D. = 0.42 ระดับดี

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

แบบประเมินสื่อการสอน	$\overline{X}$	S.D.	ระดับประสิทธิภาพ
1. ด้านเนื้อหา	4.64	0.22	ดีมาก
2. ด้านสื่อ	4.77	0.31	ดีมาก

จากตารางที่ 4.3 พบว่าค่าเฉลี่ยของแบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมเท่ากับ 4.64 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.22 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นใกล้เคียงกัน แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมด้านเนื้อหามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก และค่าเฉลี่ยของแบบประเมินสื่อการสอนด้านสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมเท่ากับ 4.77 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 0.31 แสดงว่าผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นใกล้เคียงกัน แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยอบรมด้านสื่อมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลังผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบฝึกหัดหลังจบแต่ละบทเรียน และทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนครบทุกบทเรียน หลังเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ ผลที่ได้และการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4 และตารางที่ 4.5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าคะแนนก่อนและหลังการเรียนรู้ ผลต่างของคะแนน จากการทำแบบทดสอบเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

กลุ่มตัวอย่าง n = 30	คะแนน (เต็ม 80 คะแนน)		ผลต่างของคะแนน D
	แบบฝึกหัด	แบบทดสอบ	
01	37	40	+3
02	38	38	+4
03	40	37	+3
04	38	40	+2
05	36	38	+6
06	36	40	+4
07	37	38	+5
08	35	37	+8
09	40	40	+0
10	38	38	+4
11	39	39	+2
12	40	40	+0
13	36	38	+6
14	35	39	+6
15	40	40	+0
16	40	38	+2
17	38	37	+5
18	37	35	+8
19	39	37	+4
20	36	36	+8
21	40	40	+0
22	38	37	+5
23	39	38	+3
24	40	40	+0
25	38	37	+5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่าง	คะแนน (เต็ม 80 คะแนน)		ผลต่างของคะแนน
n = 30	แบบฝึกหัด	แบบทดสอบ	D
26	36	40	+4
27	39	37	+4
28	38	38	+4
29	37	38	+5
30	36	40	+4
คะแนนเฉลี่ยรวม	**37.86**	**38.33**	**+114**

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าคะแนนเฉลี่ยรวมหลังการทำแบบฝึกหัดด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มีค่าเท่ากับ 37.86 ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมแบบทดสอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มีค่าเท่ากับ 38.33 ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของผลต่างระหว่างหลังการทำแบบฝึกหัดกับหลังทำแบบทดสอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มีค่าเท่ากับ +114

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
คะแนนแบบฝึกหัดประจำหน่วย	30	40	37.86	90.75
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน	30	40	38.33	91.50

จากตารางที่ 4.5 ผลปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทแต่ละบทได้คะแนน 1136 คะแนน จากคะแนนเต็ม 1200 คะแนน เฉลี่ยรวมกันได้ 37.86 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน หรือ คิดเป็นร้อยละ 90.75 และ ทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนน 1130 คะแนน จากคะแนนเต็ม 1200 คะแนน ได้คะแนนเฉลี่ย 38.33 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนนหรือคิดเป็นร้อยละ 91.50 แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.75/91.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้นโดยมีขั้นตอน การวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

5.2 สมติฐานในการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5.3 ขอบเขตของการวิจัย

5.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ที่กำลังเรียนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103) ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 50 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) จำนวน นักศึกษา 30 คน ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.00 ขึ้นไป ใช้วิธีแบบจับฉลาก ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 ตัวแปรที่ศึกษา คือ

ตัวแปรต้น ได้แก่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จำนวน 4 หน่วยการเรียน ใช้เวลา 4 คาบ กำหนดหน่วยละ 1 คาบ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

5.3.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์และพัฒนาเนื้อหารายวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) โดยการเสริมเนื้อหาที่ได้ ไปสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สามารถวิเคราะห์เนื้อหาและแบ่งหน่วยการเรียน ได้ทั้งหมด 4 หน่วยการเรียน ดังต่อไปนี้

หน่วยการเรียนที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์
หน่วยการเรียนที่ 2 การกำเนิดไฟฟ้า
หน่วยการเรียนที่ 3 การบำรุงรักษา
หน่วยการเรียนที่ 4 การกำจัดกากนิวเคลียร์

5.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่องโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้ากำลัง สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวะศึกษา

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์จากการเรียน ซึ่งประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนการเรียน และแบบฝึกหัดท้ายบทและแบบทดสอบรวมหลังการเรียน

5.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาและเพื่อหาประสิทธิภาพทางการเรียนของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยด้วยตนเองตามขั้นตอนดังนี้

1. หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ โดยการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ที่มีค่าเฉลี่ยในการประเมินความคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไปยอมรับได้ ว่ามีประสิทธิภาพ แต่ถ้าต่ำกว่า 3.50 ต้องทำการแก้ไขในส่วนที่บกพร่องเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

3. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มาหาประสิทธิภาพโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้จากนักศึกษาปีที่2 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จำนวน 30 คน

4. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ที่มีประสิทธิภาพทดลองเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4.1 ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบจับฉลาก

4.2 ระยะเวลาในการทดลอง จำนวน 4 หน่วยการเรียน ใช้เวลา 4 คาบ กำหนดหน่วยละ 1 คาบ

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองเป็นวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

4.4 ขอหนังสือราชการเพื่อขอความร่วมมือ ในการทำวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อติดต่อกับผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี เพื่อทำการทดลองเก็บข้อมูล

4.5 ดำเนินการสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสอนกับกลุ่มทดลองดังนี้

- อธิบายวิธีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ปุ่มต่างๆ ให้แก่นักศึกษาเพื่อจะเข้าใจ การใช้และวิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

- อธิบายบทบาทของนักศึกษาที่เป็นเป้าหมายของการเรียนและวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ในการทดลอง

- ดำเนินการทดลอง โดยให้นักศึกษาเรียนรู้ด้วยบทเรียนทางคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ตามเวลาที่กำหนด 4 คาบ คาบละ 50 นาที

- เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้นักศึกษาทำการทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

- เมื่อเรียนจบแต่ละเรื่องย่อย ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยใช้แบบฝึกหัดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนเมื่อเรียนจบ

- ตรวจผลการสอบเพื่อนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ ด้วยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์จากการทดลองใช้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ดังนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ด้านเนื้อหา จากแบบประเมิน โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน

2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ด้านสื่อ จากแบบประเมิน โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน

3. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ จากคะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละหน่วย และคะแนนจากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ครบทุกหน่วย มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5.7 สรุปผลการวิจัย

การดำเนินการวิจัยดังกล่าว สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลังด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.64 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ด้านสื่อ อยู่ในระดับดีมาก ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

3. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เท่ากับ 90.75/91.50 โดยคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเท่ากับ 37.86 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.75 และคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 38.33 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.50 จึงสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.75/91.50 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.8 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีขึ้นประสิทธิภาพในเกณฑ์ดีมาก เห็นได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ในด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.64 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.60 เนื่องมาจาก เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหาที่จะสร้างโดยพิจารณาถึงระดับความรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญ เนื้อหาที่ประกอบเข้าด้วยกันมีความเหมาะสม บทเรียนมีการบอกวัตถุประสงค์ก่อนการเรียนนำให้ผู้เรียนรู้ล่วงหน้า ในประเด็นที่สำคัญของบทเรียน ทำให้ศึกษาได้โดยไม่ผิดวัตถุประสงค์ และจากการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ มีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.77 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53 มีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องมาจาก บทเรียนมีการออกแบบให้ใช้ง่าย เมนูไม่สับสน ลำดับการนำเสนอเนื้อหาเหมาะสมน่าสนใจ การนำเสนอเนื้อหาตามลำดับขั้น หน้าจอมีความสวยงาม มีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนด้วย ภาพ แสง สี เสียง ภาพเคลื่อนไหว ตัวอักษรมีขนาดเหมะสมรวมถึงเสียงดนตรีที่ประกอบช่วยทำให้ผู้เรียนมีความเพลิดเพลิน แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง สามารถนำไปใช้ได้จริงมีประสิทธิภาพ และจากการนำบทเรียนไปทดลองใช้ บทเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง ที่เป็นนักศึกษาแผนกช่างไฟฟ้ากำลัง ระดับชั้น ปวส. 2 พบว่าคะแนนจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 90.75 และคะแนนจากการทำแบบทดสอบรวม หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 91.50 ซึ่งถือว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง มีประสิทธิภาพ 90.75/91.50 ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 80/80

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง มีประสิทธิภาพเท่ากับ 90.75/91.50 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ โดยผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทแต่ละบท เฉลี่ยรวมกันได้ 37.86 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน หรือ คิดเป็นร้อยละ 90.75 และทำแบบทดสอบรวม หลังเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 38.33 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนนหรือคิดเป็นร้อยละ 91.50 ผลที่เป็นเช่นนี้อันเนื่องมาจาก บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเหมาะกับผู้รับการสอนเสริมความรู้ โดยประกอบด้วย เร้าความสนใจ เพื่อเร้าความสนใจของผู้เรียน กระตุ้นและจูงใจผู้เรียนด้วย การเขียนกราฟิกที่แสดงบนหน้าจอ ขนาดตัวอักษร สีตัวอักษรหรือฉากหน้า สีพื้น

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... การค้า

หลัง ภาพกราฟฟิก ความชัดเจนของรูปภาพและเสียงดนตรีประกอบ มีการบอกวัตถุประสงค์ในการเรียนให้ผู้ฝึกอบรม ทราบอย่างชัดเจน มีการชี้แนวทางในการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ที่จะพยายามใช้เทคนิคในการกระตุ้น ให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการศึกษาเชื่อมโยงกับความรู้ ผลการประเมินพบว่า มีผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมินคิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้เรียนทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 90.75/91.50 เนื่องจากกลุ่มนักศึกษาได้ผ่านการทำแบบฝึกหัดและได้มีโอกาสทบทวนบทเรียนเมื่อทำแบบทดสอบท้ายบทเรียนจึงมีคะแนนสูงกว่าการทำแบบฝึกหัดมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของสมศักดิ์ จีวัฒนา (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ โดยใช้กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาวิชาระบบการสื่อสารข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏบุรีรัมย์ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพ 87.64/91.61 มีความสอดคล้องตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้

5.9 ข้อเสนอแนะ

5.9.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.9.1.1 สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้ที่สนใจใน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ นั้นสามารถที่จะเรียนรู้และทบทวนในหัวข้อที่ต้องการได้ทันที

5.9.1.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ มีความน่าสนใจสามารถส่งเสริมให้มีการเรียนรู้เนื้อหาได้ด้วยตัวเอง เรียนรู้เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ได้จริง จึงไม่จำกัดด้วยเรื่องเวลา และสถานที่

5.9.1.3 สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลังทำการเรียนรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104-2103) เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ด้วยตนเองก่อนเรียน

5.9.2 ข้อเสนอสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

5.9.2.1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ควรเพิ่มในส่วนของประเภทโรงงานไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์แบบอื่นๆ

5.9.2.2 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ควรเพิ่มเนื้อหาและกระบวนการกำจัดกากนิวเคลียร์ที่มีความหลากหลายมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.9.2.3 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ควรเพิ่มเนื้อหาการบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. 2546. **หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ 2545** (ปรับปรุง 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม.

กระทรวงศึกษาธิการ. 2542. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542.

ครรชิต มาลัยวงศ์. 2544. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน." **คอมพิวเตอร์แม็กกาซีน.** 1(มิถุนายน 2532) : 69 – 123.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. **ระบบสื่อการสอน.** กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

บุญประเสริฐ แต้สวัสดิ์. 2548. "บทเรียนบรรยายอิเล็กทรอนิกส์ เรื่องการสร้างภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ.2546" . แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 วิทยาลัยเทคนิคชุมพร.

ประยุทธ์ นิลวงศ์. 2548. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการฝึกปฏิบัติงานคอมเพรสเซอร์." หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และไพบูลย์ เกียรติโกมล. 2541. "Creating IMMCAI Package." **วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม.** ปีที่ 1 ฉบับปฐมฤกษ์. พ.ศ. 2541.

ยิ่งศักดิ์ และเลิศผล. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการมอดูเลชั่นและดีมอดูเลชั่นแบบแอมปลิจูด". วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัฐพล จินะวงค์. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสอนเสริม เรื่องแผนภูมิสมิทธ์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2545. **เทคนิควิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพมหานคร : สุรีวิริยาสาส์น.

ศรัณย์ รินคำ. 2548. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมชาย ศรีสกุลเดียว. 2545. "การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ วิชาวงจรพัลซ์สวิตชิ่ง เรื่องทรานซิสเตอร์สวิตซ์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี (พ.ศ. 2543) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมศักดิ์ จีวัฒนา. 2541. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล หลักสูตรคอมพิวเตอร์ศึกษาของสถาบันราชภัฏ." วิชาระบบการสื่อสารข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบัน ราชภัฏบุรีรัมย์.

เสกสรร แย้มพินิจ. 2543. "ชุดการสอนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องการผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุทธี ทับทองดี. 2546. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการวิเคราะห์คุณสมบัติของท่อนำคลื่นทรงสี่เหลี่ยม ในย่านความถี่สูง." วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรไท ก้อนมณี. 2548. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่องการถอด–การประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ในวิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเบื้องต้น ตามหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น พุทธศักราช 2540." หลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น วิทยาลัยสารพัดช่างลพบุรี.

Thai Junior Encyclopedia Project by Royal Command of H.M. the King Network Webmaster . "พลังงานนิวเคลียร์ สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 27" http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK27/chapter8/chap8.htm

ดร.รพพน พิชา . "โรงไฟฟ้านิวเคลียร์." http://www.oaep.go.th/physics/info/npp/npp_th.html

ดร.อำนวย เดชชัยศรี. "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน." http://www.thaicai.com/articles/cai1.html

ผศ.ดร.สมพร จองคำ นายกสมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย. "สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย", www.nst.or.th

เรืองลักษณ์ จงโชตินนท์. "จุดเริ่มต้นของปรมาณู." http://www.geocities.com/wan_dpst/home.htm

ถอดความจาก In depth: Nuclear explainedเว็บไซต์ news.bbc.co.uk. "พลังงานนิวเคลียร์ในอังกฤษ"http://www.nst.or.th/article/article491/article49071.html

สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. "บทบาท และการใช้พลังงานนิวเคลียร์ ในปัจจุบัน ตอนที่ 4." http://news.thaieurope.net/content/view/468/40/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
หนังสือราชการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 1221

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๕ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน 1 ฉบับ
2. แบบทดสอบเพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2550 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้ากำลัง และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบเพื่อการวิจัยภายในสถานศึกษาท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325
ติดต่อนักศึกษา โทร.081-939-4133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0916

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อการสอนด้านสื่อชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัย

เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสื่อการสอนด้านสื่อชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง กำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อการสอนนี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

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

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ศธ 0524.04/ 0916

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520.

๕ มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัยเรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินสื่อการสอนด้านเนื้อหาชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อการวิจัย

ด้วย นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง กำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินสื่อการสอนนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจและประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์รวีวรรณ ชินะตระกูล)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

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

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

.....

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ รหัสประจำตัว 48063511 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง"บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่อง การกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง (Supplementary Computer – Assisted Instruction on Power Plant for Electrical Power Generated on Nuclear Energy for Electrical Power Vocational Diploma Curriculum)" โดยมี ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สมชาย หมื่นสายญาติ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2550

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2550

(รศ.ดร.อิทธิพล แจ้งชัด)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

หัวข้อวิทยานิพนธ์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า

เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา 3 ท่าน

1. อาจารย์ อัชรี หมอยาดี หัวหน้าสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง
2. อาจารย์ สิริศร มิตรานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
3. อาจารย์ วีรพงศ์ อุดมผล ตำแหน่ง คศ.2 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ 3 ท่าน

1. ผ.ศ.ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อาจารย์ ฉัตรชัย เรืองไทย อาจารย์ระดับ 7 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน
3. อาจารย์ คนึงนิตย์ ปารีเรียม คศ.2 วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักสูตรวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา 3104 -2103) 2 (2)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 (ปวส. 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กระทรวงศึกษาธิการ สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง รหัสวิชา3104-2103 วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจระบบส่งจ่ายไฟฟ้าโหลดโปรดักชั่น การทำงานของโรงจักรไฟฟ้าและเศรษฐศาสตร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า
2. เพื่อให้วิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของโรงจักรไฟฟ้า
3. เพื่อให้มีกิจนิสัยในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

มาตรฐานรายวิชา

1. เข้าใจระบบส่งจ่ายไฟฟ้าโหลดโปรดักชั่น
2. เปรียบเทียบสมรรถนะของการผลิตไฟฟ้าระบบต่าง ๆ
3. วิเคราะห์หลักเศรษฐศาสตร์ ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาระบบส่งและจ่ายไฟฟ้า โหลดโปรดักชั่น (Load Production) การทำงานของโรงจักรไฟฟ้า ข้อดีข้อเสียของโรงจักรไฟฟ้า และเศรษฐศาสตร์ในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการสอนวิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหาวิชา/กิจกรรมรายสัปดาห์

แผนการสอนวิชา โรงต้นกำลังไฟฟ้า (รหัสวิชา3104 -2103)

สัปดาห์	วันเวลา	เนื้อหาวิชา/กิจกรรมรายสัปดาห์	หมายเหตุ
1		แนะนำเนื้อหาราขวิชา ทบทวนพื้นฐานระบบไฟฟ้ากำลัง	
2		กราฟของโหลด การเปลี่ยนแปลงของโหลด	
3		ตัวประกอบของโหลด แหล่งพลังงาน	
4		โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ	
5		โรงจักรไฟฟ้าพลังไอน้ำ	
6		โรงจักรไฟฟ้าแบบความร้อนร่วม	
7		สอบระหว่างภาค	
8		โรงจักรไฟฟ้ากังหันแก๊ส	
9		โรงจักรไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล	
10		การดำเนินการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าโดยคำนึงถึงหลักการเศรษฐศาสตร์	
11		หลักของสถานีย่อย เกณฑ์การเลือกที่ตั้งของสถานีย่อย	
12		อุปกรณ์หลักและการออกแบบสถานีย่อย	
13		การวางแผนและการจัดการของสถานีย่อย	
14		สอบปลายภาค	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการสอนเรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการสอน

รหัสวิชา 3104 – 2103 วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

หน่วยที่	แผนการสอน	หมายเหตุ
1	**1. ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์** 1.1 ความหมายของพลังงานนิวเคลียร์ 1.2 การสร้างปฏิกรณ์พลังงานนิวเคลียร์	
2	**2. การกำเนิดไฟฟ้า** 2.1 ระบบโรงไฟฟ้าและส่วนประกอบ 2.2 การทำงานและการควบคุม	
3	**3. การบำรุงรักษา**	
4	**4. การจัดการกากกัมมันตรังสี** 4.1 การคัดแยกกากนิวเคลียร์ 4.2 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์	
4	**ทดสอบเก็บคะแนน**	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

แบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ (ด้านเนื้อหา , ด้านสื่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 แบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ (ด้านเนื้อหา)

รายการประเมิน	N1	N2	N3	$\bar{X}$	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ						
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะกับระดับผู้เรียน	4	5	4	4.33	0.42	ดี
3. ความถูกต้องของเนื้อหาตามขั้นตอน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความชัดเจนการอธิบายเนื้อหา	5	4	5	4.66	0.24	ดีมาก
5. ความเหมาะสมของบทเรียน	4	4	5	4.33	0.42	ดี
6. ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาแต่ละ หน่วย/ตอน/เรื่อง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
7. ลำดับเรื่องในการนำเสนอเนื้อหา	5	5	4	4.66	0.24	ดีมาก
8. ความสอดคล้องของเนื้อหากับหัวเรื่องในแต่ละหน่วย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.8**	**4.8**	**4.8**	**4.75**	**0.29**	**ดีมาก**
ด้านภาพและตัวอักษร						
9. รูปนำเสนอมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
10. ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	5	4	5	4.66	0.24	ดีมาก
11. ความสอดคล้องระหว่างรูปภาพกับคำบรรยาย	5	5	4	4.66	0.24	ดีมาก
12. รูปภาพมีความถูกต้องตรงตามเนื้อหา	5	5	4	4.66	0.24	ดีมาก
เฉลี่ย	**5**	**4.8**	**4.5**	**4.75**	**0.29**	**ดีมาก**
ด้านเวลาในการนำเสนอ						
13. ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
14. ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4	4	5	4.33	0.42	ดี
15. ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	4	4	4	4.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.3**	**4.3**	**4.7**	**4.44**	**0.47**	**ดี**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.7**	**4.6**	**4.6**	**4.64**	**0.23**	**ดีมาก**

N1 = อาจารย์ อัชรี หมอยาดี หัวหน้าสาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง โรงเรียนเทคโนโลยีแหลมทอง

N2 = อาจารย์ สิริศร มิตรานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

N3 = อาจารย์ วีรพงศ์ อุดมผล ตำแหน่ง คศ.2 วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 แบบประเมินประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ (ด้านสื่อ)

รายการประเมิน	S1	S2	S3	$\overline{X}$	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
สื่อการนำเสนอมีรูปแบบโดดเด่นน่าสนใจ						
1. สื่อนำเสนอสอนตรงกันกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2. ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	4	5	5	4.66	0.24	ดีมาก
3. ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงตามขั้นตอนของเนื้อหาการเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
4. ความน่าสนใจในการนำเสนอเนื้อหาของสื่อ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.8**	**5**	**5**	**4.91**	**0.15**	**ดีมาก**
ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม						
5. คุณภาพของรูปภาพมีความคมชัด	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
6. ความเหมาะสมของรูปภาพตรงกับเนื้อหา	5	4	5	4.66	0.24	ดีมาก
7. ความสัมพันธ์ของภาพตรงกับการบรรยาย	4	5	4	4.33	0.42	ดี
8. ความเหมาะสมสีของภาพ ที่ใช้ในบทเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
9. ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับภาพโดยรวม	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
10. การจัดวางLayout ช่วยให้อ่านง่าย และสบายตา	5	4	5	4.66	0.24	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.8**	**4.7**	**4.8**	**4.78**	**0.31**	**ดีมาก**
ตัวอักษร						
11. ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	5	4	4	4.33	0.42	ดี
12. ความเหมาะสมของตัวอักษรขนาดตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
13. ความชัดเจนของตัวอักษรสีของตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
14. ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	5	5	4	4.66	0.24	ดีมาก
15. ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
16. ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**5**	**4.8**	**4.7**	**4.83**	**0.23**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	S1	S2	S3	$\bar{X}$	S.D	ระดับประสิทธิภาพ
เสียงบรรยายชัด ถูกต้อง และภาษาสื่อความหมายได้ชัดเจน						
17. ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้ในการบรรยาย	4	4	5	4.33	0.42	ดี
18. ความชัดของเสียงที่บรรยาย	4	5	4	4.33	0.42	ดี
19. ความเหมาะสมของเสียงประกอบการบรรยาย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.3**	**4.7**	**4.7**	**4.56**	**0.23**	**ดีมาก**
เวลา						
20.ความเหมาะสมของเวลาการนำเสนอกับเนื้อหาของภาพในแต่ละเรื่อง	4	5	5	4.66	0.24	ดีมาก
21. ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหาทั้งหมด	5	5	4	4.66	0.24	ดีมาก
เฉลี่ย	**4.5**	**5**	**4.5**	**4.66**	**0.24**	**ดีมาก**
การเสริมแรงและข้อมูลย้อนกลับ						
22. ความเหมาะสมของเครื่องมือในการใช้เสริมแรง	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
23. การทบทวนย้อนกลับในเนื้อหาที่ไม่เข้าใจสามารถกระทำโดยง่าย	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
เฉลี่ย	**5**	**5**	**5**	**5.00**	**0.00**	**ดีมาก**
การจัดกระบวนการเรียน						
24. ความสะดวก และความคล่องตัวในการใช้บทเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
25. ระบบเสียงในการบรรยาย	4	4	5	4.33	0.42	ดี
เฉลี่ย	**4.5**	**4.5**	**5**	**4.66**	**0.24**	**ดีมาก**
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.7**	**4.8**	**4.8**	**4.77**	**0.31**	**ดีมาก**

S1 = ผ.ศ.ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

S2 = อาจารย์ ฉัตรชัย เรืองไทย อาจารย์ระดับ7 สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

S3 = อาจารย์ คนึงนิตย์ ปารีเรียม คศ.2 วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบฝึกหัดแต่ละหน่วยการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หน่วยที่1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง ให้อ่านคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย (X) ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้คือข้อใด

ก. อะตอม ข. นิวเคลียส

ค. โมเลกุล ง. มวลสาร

2. อะตอมประกอบด้วยกี่ส่วนอะไรบ้าง

ก. ส่วนแกนกลางและส่วนล่าง

ข. ส่วนแกนกลางและส่วนกรอบ

ค. ส่วนแกนบนและส่วนล่าง

ง. ส่วนแกนกลางและส่วนบน

3. โปรตอน กับ นิวตรอนเป็นส่วนประกอบของอะไร

ก. อะตอม ข. โมเลกุล

ค. นิวเคลียส ง. มวลสาร

4. อิเล็กตรอนมีการทำงานอย่างไร

ก. หมุนวนรอบอะตอมกับนิวตรอน

ข. หมุนวนรอบอะตอมกับโปรตอน

ค. หมุนวนรอบอะตอมกับโมเลกุล

ง. หมุนวนรอบโปรตอนกับนิวตรอน

5. นิวเคลียสคืออะไร

ก. มวลสารที่อยู่ตรงใจกลางของอะตอม

ข. ชิ้นส่วนที่อยู่ตรงใจกลางของอะตอม

ค. มวลสารที่อยู่ตรงใจกลางของโมเลกุล

ง. ชิ้นส่วนที่อยู่ตรงใจกลางของโมเลกุล

6. อะตอมของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา จะเรียกว่าอะไร

ก. ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน

ข. ปฏิกิริยาอะตอมฟิชชัน

ค. ปฏิกิริยาโมเลกุลฟิชชัน

ง. ปฏิกิริยาอิเล็กตรอนฟิชชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ยูเรเนียม-225 คืออะไร

ก. ไอโซโทปที่มี 1,000 อะตอม

ข. ไอโซโทปที่เกิดฟิชชันได้ง่ายที่สุด

ค. ไอโซโทปที่มี 7 อะตอม

ง. ไอโซโทปที่มีความเข้มข้นต่ำพอ

8. กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่องคืออะไร

ก. โปรตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่ไม่เสถียร

ข. โปรตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่เสถียร

ค. นิวตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่ไม่เสถียร

ง. นิวตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่เสถียร

9. ธาตุในธรรมชาติที่ไม่เสถียรคือข้อใด

ก. ปรมาณู

ข. อะตอม

ค. นิวเคลียร์

ง. โลหะยูเรเนียม

10. ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถ้าปริมาณยูเรเนียมเป็นเช่นไร?

ก. ปริมาณสูงพอ

ข. ต้องไม่เสถียร

ค. เข้มข้นสูงพอ

ง. ต้องมีความเบาบางพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หน่วยที่2 การกำเนิดไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง ให้อ่านคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย (X) ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. ชุดควบคุมการแตกตัวของปฏิกิริยาโดยมีตัวหน่วงถ่ายเทความร้อนคือข้อใด

ก. เตาปฏิกรณ์ ข. ชุดกังหัน

ค.ชุดเพิ่มความกดดัน ง. ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

2. ชุดขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความร้อนจากหม้อทำความร้อนคือข้อใด

ก. เตาปฏิกรณ์ ข. ชุดกังหัน

ค.ชุดเพิ่มความกดดัน ง. ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

3. ชุดถ่ายเทความร้อนคงที่และยังทำให้หม้อความร้อนทำงานคงที่คือข้อใด

ก. เตาปฏิกรณ์ ข. ชุดกังหัน

ค.ชุดเพิ่มความกดดัน ง. ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

4. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า 23Kvolts คือข้อใด

ก. โรงโหลดรับกระแสไฟฟ้า ข. ชุดกังหัน

ค.ชุดเพิ่มความกดดัน ง. ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

5. โวลท์สูงกระแสต่ำจะลดขนาดของสายส่ง เป็นการทำงานระบบใด

ก. โรงโหลดรับกระแสไฟฟ้า ข. ชุดกังหัน

ค.ชุดเพิ่มความกดดัน ง. ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

6. ทำให้ตกตะกอนจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) เรียกว่าอะไร

ก. เค็กเหลือง ข. เค็กเขียว

ค.ขนมเหลือง ง. ขนมเขียว

7. การแปรรูป (Conversion) ยูเรเนียมทำอย่างไร?

ก. ถูกเปลี่ยนให้เป็นตะกอนก่อน

ข. ถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซก่อน

ค. ถูกเปลี่ยนให้เป็นของแข็งก่อน

ง. ถูกเปลี่ยนให้เป็นความร้อนก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การเพิ่มความเข้มข้นของยูเรเนียม-235 เรียกว่าอะไร

ก. เสริมความแข็งแกรง ข. เสริมความร้อน

ค. เสริมความเข้มข้น <u>ง. เสริมแร่</u>

9. พลังงานความร้อนของเครื่องปฏิกรณ์เกิดขึ้นได้อย่างไร

ก. นิวเคลียสตกตะกอน

ข. อะตอมตกตะกอน

<u>ค. นิวเคลียสแตกออก</u>

ง. อะตอมแตกออก

10. ส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญมาก ของเครื่องปฏิกรณ์คือข้อใด?

<u>ก. ตัวหล่อเย็น (Coolant)</u>

ข. ควบคุม (Moderate)

ค. คอนกรีตแบบหนักพิเศษ (Heavy Concrete)

ง. เชอร์โนบิล (Chernobyl Reactor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หน่วยที่ 3 การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง ให้อ่านคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย (X) ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ต้องเน้นหนักด้านใดเป็นหลัก

   ก. การควบคุม ข. ความปลอดภัย

   ค. ระบบอัตโนมัติ ง. สรรหาบุคลากร

2. การซ่อมบำรุงและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงต้องมีเจ้าหน้าที่หน่วยใดตรวจสอบ

   ก. ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

   ข. ทบวงการพลังงานปรมาณู

   ค. ทบวงการพลังงานปรมาณูสหประชาชาติ

   ง. กระทรวงการพลังงานปรมาณูสหประชาชาติ

3. ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินมีความสำคัญอย่างไร

   ก. ลดพลังงานความร้อนเตาปฏิกรณ์

   ข. ลดความร้อนเตาปฏิกรณ์

   ค. ลดโครงสร้างนิวเคลียส

   ง. ลดโครงสร้างอะตอม

4. จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำทุกกี่ปี

   ก. ทุก1 ปี ข. ทุก2 ปี

   ค. ทุก3 ปี ง. ทุก4 ปี

5. ทำไมต้องมีด่านกักรังสีหลายชั้น

   ก. ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะสลายตัวไปในชั้นต่าง ๆ

   ข. ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะเสียชีวิต

   ค. เพื่อให้เจ้าหน้าที่รอปิดเครื่อง

   ง. เพื่อควบคุมระบบได้ทัน

6. ปัจจัยข้อใดมีความสำคัญในการบำรุงรักษาที่สุด

   ก. ระบบควบคุม ข. บุคลากร

   ค. ด่านกักรังสี ง. เชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สิ่งปิดกั้นรังสีรอบนอกสุดควรเป็นอะไร

ก. แท่งเชื้อเพลิง

ข. เม็ดเชื้อเพลิง

ค. หม้อปฏิกรณ์

<u>ง. คอนกรีตเสริมเหล็ก</u>

8. หลักการเรื่องความปลอดภัยของเครื่องจักรต้องทำอย่างไร

<u>ก. ต้องทดลองตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำอีกจนแน่ใจ</u>

ข. ทดลองเครื่องอุปกรณ์

ค. ตรวจสอบอุปกรณ์

ง. ควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

9. ถ้ามีภัยที่เกิดจากธรรมชาติต้องทำอย่างไร

ก. ดำเนินการอย่างรอบคอบ

ข. ทดลองเครื่องอุปกรณ์แต่ละชิ้น

ค. ทดสอบระบบ

<u>ง. ปิดเครื่องทันที</u>

10. ปัจจัยข้อใดมีความสำคัญในการบำรุงรักษาที่สุด

ก. ระบบควบคุม

<u>ข. บุคลากร</u>

ค. ด่านกักรังสี

ง. เชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4

แบบทดสอบหลังเรียน เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หน่วยที่4 การจัดการกากกัมมันตรังสี ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2

คำชี้แจง ให้อ่านคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย (X) ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

1. กากกัมมันตรังสีถ้าได้รับรังสีโดยตรง จะเป็นอย่างไร

   ก. เป็นมะเร็ง

   ข. เสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่วัน

   ค. เจ็บป่วยตลอด

   ง. อาเจียนแต่ไม่ถึงตาย

2. พลูโตเนียมนำไปทำอะไรได้บ้าง

   ก. ระเบิดนิวเคลียร์

   ข. กลับไปทำเชื้อเพลิง

   ค. ยารักษาโรค

   ง. เลเซอร์

3. เชื้อเพลิงใช้แล้วไม่ถือเป็นกากนิวเคลียร์เนื่องจากอะไร?

   ก. ยังสามารถนำมาใช้ได้

   ข. ยังใช้ไม่หมด

   ค. ยังไม่เป็นกากนิวเคลียร์

   ง. ผลิตระเบิดนิวเคลียร์ได้

4. เทคนิคการผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมีคือข้อใด

   ก. ฟิชชั่นฟิเคชั่น ข. โกลบอลฟิเคชั่น

   ค. เลเซอร์ฟิเคชั่น ง. วิตริฟิเคชั่น

5. กากนิวเคลียร์เมื่อนำมาแยกกัมมันตภาพรังสีจะได้กี่ชนิดอะไรบ้าง

   ก. 1 ชนิด พลูโตเนียม

   ข. 1 ชนิด ยูเรเนียม

   ค. 2 ชนิด ยูเรเนียมกับพลูโตเนียม

   ง. 2 ชนิด ธาตุกัมมันตรังสี กับพลูโตเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปัจจุบันมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกากนิวเคลียร์ได้หรือยัง?

ก. ได้แล้วโดยการฝังลงดิน

ข. ได้แล้วโดยการแช่ลงในสระน้ำ

ค. ยังไม่ได้เพราะยังไม่มีการวางแผน

<u>ง. ยังไม่ได้เพราะยังไม่มีประเทศใดที่มีการแก้ปัญหาได้</u>

7. วิธีทำแก้วเหลวเรียกว่าอะไร

ก. ฟิชชั่นฟิเคชั่น ข. โกลบอลฟิเคชั่น

ค. เลเซอร์ฟิเคชั่น <u>ง. วิตริฟิเคชั่น</u>

8. การปล่อยให้สารรังสีสลายตัวลงในระดับหนึ่งก่อนเพราะอะไร

<u>ก. มีความร้อนสูง</u> ข. มีความเข้มข้นสูง

ค. มีพลังงานสูง ง. มีความเหนี่ยวนำสูง

9. การผสมกับคอนกรีตและบรรจุลงถังเพื่ออะไร

ก. เก็บในบ่อน้ำ ข. ฝังลงดิน

<u>ค. เก็บกากรังสี</u> ง. กลับมาใช้ใหม่

10. วิธีที่เกี่ยวกับการใส่สารรังสีเข้าไปในผลึกคริสตัลของเซรามิค ในช่วงต้นจะเก็บไว้อย่างไร?

ก. ในบ่อเซรามิค

ข. ในบ่อผลึกคริสตัล

ค. ในทะเล

<u>ง. ในบ่อน้ำ</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบ เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 2 สาขาไฟฟ้ากำลัง

คำชี้แจง ให้อ่านคำถามต่อไปนี้ และทำเครื่องหมาย (X) ที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวลงในกระดาษคำตอบ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า
เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

บทที่ 1 อธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์

1.1 เข้าใจความหมายของปรมาณู หรืออะตอม ที่เป็นคุณสมบัติของพลังงานนิวเคลียร์

1.2 เข้าใจการทำงานของพลังงานปรมาณูที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน

บทที่ 2 อธิบายโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

2.1 เข้าใจการทำงานและส่วนประกอบแต่ละส่วนของโรงต้นกำลังไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

2.2 เข้าใจการควบคุมและการทำงานของระบบ ตั้งแต่การเตรียมเชื้อเพลิงจนถึงการปฏิบัติการเครื่อง

ปฏิกรณ์

บทที่ 3 เข้าใจการบำรุงรักษาในส่วนของเตาปฏิกรณ์ และระบบต่าง ๆเพื่อให้เกิดความปลอดภัย

บทที่ 4 อธิบายการจัดการกากกัมมันตรังสี

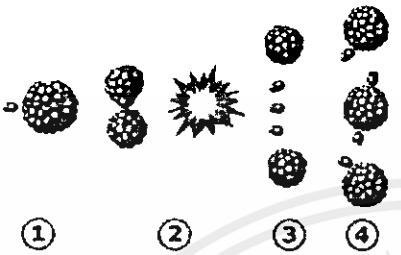
3.1 เข้าใจถึงการคัดแยกกากนิวเคลียร์ที่มีรังสีระดับสูง และปัญหาของกากนิวเคลียร์

3.2 เข้าใจการเก็บรักษากากกัมมันตรังสีว่ามีวิธีการและเทคนิคอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	ข้อสอบ
1.	อะตอมมีความหมายอย่างไร? ก. ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้ ข. อะตอมที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้ ค. นิวเคลียสที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้ ง. สสารที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้
2	อะตอมประกอบด้วยกี่ส่วน? ก. 1 ส่วน ข. 2 ส่วน ค. 3 ส่วน ง. 4 ส่วน
3.	มวลสารที่อยู่ตรงใจกลางของอะตอมคือข้อใด? ก. ส่วนแกนกลาง ข. นิวเคลียส ค. ส่วนกรอบ ง. ส่วนที่เล็กที่สุดของสสาร
4.	นิวเคลียสประกอบด้วยอะไรบ่าง? ก. โปรตอน กับ อะตอม ข. โปรตอน กับ อิเล็กตรอน ค. โปรตอน กับ นิวตรอน ง. นิวตรอน กับ อิเล็กตรอน
5.	อะไรที่หมุนวนรอบโปรตอนกับนิวตรอน? ก. นิวเคลียส ข. อะตอม ค. ธาตุ ง. อิเล็กตรอน
6.	ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเกิดขึ้นได้อย่างไร? ก. โลหะยูเรเนียมแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ข. อะตอมของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ค. ไอโซโทปของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ง. นิวตรอนของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.	ยูเรเนียมชนิดไหน เป็นไอโซโทปที่เกิดฟิชชันได้ง่ายที่สุด? ก. ยูเรเนียม เส้นผ่านศูนย์กลาง 10-18 เซนติเมตร ข. ยูเรเนียม-225 <u>ค. ยูเรเนียม-235</u> ง. ยูเรเนียม(Chain Reaction)
8.	 ① ② ③ ④ จากรูปเป็นกระบวนการอะไร? <u>ก. กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่อง</u> ข. กระบวนการนิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่อง ค. กระบวนการนิวตรอนเกิดจากปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ง. กระบวนการนิวตรอนใหม่เข้าชนนิวเคลียส
9.	ข้อใดตอบความหมายโลหะยูเรเนียมได้ถูกต้อง? ก. เป็นธาตุที่ไม่อยู่ธรรมชาติที่ไม่เสถียร ข. เป็นธาตุที่ไม่อยู่ธรรมชาติที่เสถียร ค. เป็นธาตุในธรรมชาติที่เสถียร <u>ง. เป็นธาตุในธรรมชาติที่ไม่เสถียร</u>
10.	ปฏิกิริยาลูกโซ่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถ้าปริมาณยูเรเนียมเป็นเช่นไร? ก. ปริมาณสูงพอ ข. ต้องไม่เสถียร <u>ค. เข้มข้นสูงพอ</u> ง. ต้องมีความเบาบางพอ
11.	เตาปฏิกรณ์ (Reactor) มีการทำงานอย่างไร? <u>ก. ควบคุมการแตกตัวของปฏิกิริยาโดยมีตัวหน่วงถ่ายเทความร้อน</u> ข. ต้มน้ำให้เดือดเป็นไอแล้วหมุนดันไอน้ำส่งไปชุดกังหัน ค. ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความร้อนจากหม้อทำความร้อน ง. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.	ชุดกังหัน (Steam Drives Turbines) มีการทำงานอย่างไร? ก. รับกระแสไฟฟ้า23Kvoltsจะถูกแปลงไฟ เป็น230Kvolts ข. ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความร้อนจากหม้อทำความร้อน ค. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหัน ง. หมุนดันไอน้ำความร้อนเพื่อส่งไปชุดกังหัน
13.	ชุดเพิ่มความกดดัน (Water Pressuriser) มีการทำงานอย่างไร? ก. หมุนดันไอน้ำความร้อนเพื่อส่งไปชุดกังหัน ข. ทำความเย็นด้วยน้ำให้มีการไหลเวียน ค. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหัน ง. ถ่ายเทความร้อนคงที่และยังทำให้หม้อความร้อนทำงานคงที่
14.	ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า (Turbines Generate Electricity) มีการทำงานอย่างไร? ก. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า 23Kvolts ข. ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหันผลิตกระแสไฟฟ้า 230Kvolts ค. จะถูกแปลงไฟ (Main Tranformer) เป็น23Kvolts ง. จะถูกแปลงไฟ (Main Tranformer) เป็น230Kvolts
15.	โรงโหลดรับกระแสไฟฟ้า ได้รับกระแสไฟฟ้า23Kvoltsจะถูกแปลงไฟ 230Kvoltsเพราะอะไร? ก. Step Down ไปตามบ้านใช้ไฟ1เฟส 220 Volts ข. Step Down ไปตามโรงงานใช้ไฟ3เฟส 380 Volts ค. โวลท์สูงกระแสต่ำจะลดขนาดของสายส่ง ง. โวลท์ต่ำกระแสสูงจะลดขนาดของสายส่ง
16.	"เค็กเหลือง (Yellowcake)" เกิดขึ้นได้อย่างไร? ก. ทำให้ตกตะกอนจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) ข. ทำให้ตกตะกอนจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมเฮกสะฟลูออไรด์ (UF_6) ค. ทำให้ละลายจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) ง. ทำให้ละลายจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมเฮกสะฟลูออไรด์ (UF_6)
17.	การแปรรูป (Conversion) ยูเรเนียมทำอย่างไร? ก. ถูกเปลี่ยนให้เป็นตะกอนก่อน ข. ถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซก่อน ค. ถูกเปลี่ยนให้เป็นของแข็งก่อน ง. ถูกเปลี่ยนให้เป็นความร้อนก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18.	จุดประสงค์การเสริมแร่ (Enrichment) ทำเพื่ออะไร? ก. ทำให้ตกตะกอน ข. เปลี่ยนปฏิกริยาทางเคมี ค. ทำให้เป็นของแข็ง <u>ง. เพิ่มความเข้มข้นของยูเรเนียม-235</u>
19.	การปฏิบัติการเครื่องปฏิกรณ์เมื่อนิวเคลียสแตกออกจะเกิดพลังงานชนิดใด? <u>ก. พลังงานความร้อน</u> ข. พลังงานฟิชชั่น ค. พลังงานลูกโซ่ ง. พลังงานนิวเคลียส
20.	ส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญมาก ของเครื่องปฏิกรณ์คือข้อใด? <u>ก. ตัวหล่อเย็น (Coolant)</u> ข. ควบคุม (Moderate) ค. คอนกรีตแบบหนักพิเศษ (Heavy Concrete) ง. เชอร์โนบิล (Chernobyl Reactor)
21.	การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ต้องเน้นหนักด้านใดเป็นหลัก? ก. การควบคุม <u>ข. ความปลอดภัย</u> ค. ระบบอัตโนมัติ ง. สรรหาบุคลากร
22.	เจ้าหน้าที่ที่ควบคุมการเดินเครื่อง จะต้องทดสอบทุก ๆกี่ ปี? ก. 1 ปี ข. 2 ปี <u>ค. 3 ปี</u> ง. 4 ปี
23.	หลักการเรื่องความปลอดภัยของเครื่องจักรต้องทำอย่างไร? <u>ก. ต้องทดลองตรวจสอบซ้ำแล้วซ้ำอีกจนแน่ใจ</u> ข. ทดลองเครื่องอุปกรณ์ ค. ตรวจสอบอุปกรณ์ ง. ควบคุมการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24.	ถ้ามีภัยที่เกิดจากธรรมชาติต้องทำอย่างไร? ก. ดำเนินการอย่างรอบคอบ ข. ทดลองเครื่องอุปกรณ์แต่ละชิ้น ค. ทดสอบระบบ <u>ง. ปิดเครื่องทันที</u>
25.	ทำไมต้องมีด่านกักรังสีหลายชั้น? <u>ก. ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะสลายตัวไปในชั้นต่าง ๆ</u> ข. ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะเสียชีวิต ค. เพื่อให้เจ้าหน้าที่รอปิดเครื่อง ง. เพื่อควบคุมระบบได้ทัน
26.	ระบบระบายความร้อนฉุกเฉินมีความสำคัญอย่างไร? <u>ก. ลดพลังงานความร้อนเตาปฏิกรณ์</u> ข. ลดความร้อนเตาปฏิกรณ์ ค. ลดโครงสร้างนิวเคลียส ง. ลดโครงสร้างอะตอม
27.	ปัจจัยข้อใดมีความสำคัญในการบำรุงรักษาที่สุด? ก. ระบบควบคุม <u>ข. บุคลากร</u> ค. ด่านกักรังสี ง. เชื้อเพลิง
28.	จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำทุกกี่ปี? <u>ก. ทุก1 ปี</u> ข. ทุก2 ปี ค. ทุก3 ปี ง. ทุก4 ปี
29.	สิ่งปิดกั้นรังสีรอบนอกสุดควรเป็นอะไร? ก. แท่งเชื้อเพลิง ข. เม็ดเชื้อเพลิง ค. หม้อปฏิกรณ์ <u>ง. คอนกรีตเสริมเหล็ก</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30.	การซ่อมบำรุงและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงต้องมีเจ้าหน้าที่หน่วยใดตรวจสอบ? ก. ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ข. ทบวงการพลังงานปรมาณู ค. ทบวงการพลังงานปรมาณูสหประชาชาติ ง. กระทรวงการพลังงานปรมาณูสหประชาชาติ
31.	กากกัมมันตรังสีถ้าได้รับรังสีโดยตรง จะเป็นอย่างไร? ก. เป็นมะเร็ง ข. เสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่วัน ค. เจ็บป่วยตลอด ง. อาเจียนแต่ไม่ถึงตาย
32.	กากนิวเคลียร์เมื่อนำมาแยกกัมมันตภาพรังสีจะได้กี่ชนิดอะไรบ้าง? ก. 1 ชนิด พลูโตเนียม ข. 1 ชนิด ยูเรเนียม ค. 2 ชนิด ยูเรเนียมกับพลูโตเนียม ง. 2 ชนิด ธาตุกัมมันตรังสี กับพลูโตเนียม
33.	เชื้อเพลิงใช้แล้วชนิดใดนำไปผลิตระเบิดนิวเคลียร์ได้? ก. ยูเรเนียม ข. พลูโตเนียม ค. ธาตุกัมมันตรังสี ง. ยูเรเนียมกับพลูโตเนียม
34.	ปัจจุบันมีการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกากนิวเคลียร์ได้หรือยัง? ก. ได้แล้วโดยการฝังลงดิน ข. ได้แล้วโดยการแช่ลงในสระน้ำ ค. ยังไม่ได้เพราะยังไม่มีการวางแผน ง. ยังไม่ได้เพราะยังไม่มีประเทศใดที่มีการแก้ปัญหาได้
35.	เชื้อเพลิงใช้แล้วไม่ถือเป็นกากนิวเคลียร์เนื่องจากอะไร? ก. ยังสามารถนำมาใช้ได้ ข. ยังใช้ไม่หมด ค. ยังไม่เป็นกากนิวเคลียร์ ง. ผลิตระเบิดนิวเคลียร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

36.	วิตริฟีเคชั่น (Vitrification) มีวิธีการอย่างไร? ก. เทคนิคการผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมี ข. เทคนิคการผสมสารเคมี ค. เทคนิคการกักการเคลื่อนไหว ง. เทคนิคการสลายตัวลง
37.	วิธีวิตริฟีเคชั่นจะทำให้กากกัมมันตรังสีเป็นอย่างไร? ก. ชิ้นเหลว ข. แก้วเหลว ค. สารเหลว ง. เคมีเหลว
38.	วิธีที่เกี่ยวกับการใส่สารรังสีเข้าไปในผลึกคริสตัลของเซรามิค ในช่วงต้นจะเก็บไว้อย่างไร? ก. ในบ่อเซรามิค ข. ในบ่อผลึกคริสตัล ค. ในทะเล ง. ในบ่อน้ำ
39.	เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วซึ่งมีรังสีระดับสูงและมีความร้อนสูงควรทำ อย่างไร? ก. ปล่อยให้สารรังสีสลายตัวลงในระดับหนึ่งก่อน ข. กักการเคลื่อนไหว ค. ผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมี ง. แช่น้ำปล่อยให้เย็นตัวลงก่อน
40.	เริ่มต้นในการเก็บกากรังสีควรทำอย่างไร? ก. ฝังลงบ่อดิน ข. เก็บในบ่อน้ำ ค. ผสมกับคอนกรีตและบรรจุลงถัง ง. เก็บไว้ในสถานที่ออกแบบก่อสร้างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 คะแนนที่ได้จากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

นักศึกษาลำดับที่	คะแนนเต็ม 80 คะแนน					
	คะแนนจากการหาค่า E1					คะแนนจากการหาค่า E2
	บทที่ 1	บทที่ 2	บทที่ 3	บทที่ 4	รวมคะแนน	
1	10	10	8	9	37	39
2	10	10	9	9	38	37
3	10	10	10	10	40	38
4	10	10	9	9	38	40
5	10	8	10	8	36	38
6	9	9	8	10	36	37
7	10	10	8	9	37	38
8	9	8	9	9	35	39
9	10	10	10	10	40	35
10	10	10	9	9	38	38
11	10	10	9	10	39	37
12	10	10	10	10	40	39
13	10	9	9	8	36	39
14	10	9	8	8	35	38
15	10	10	10	10	40	38
16	10	10	10	10	40	35
17	10	9	9	10	38	37
18	10	8	10	9	37	37
19	10	9	10	10	39	36
20	8	8	10	10	36	37
21	10	10	10	10	40	39
22	9	9	10	10	38	39
23	9	9	10	10	38	38
24	10	10	10	10	40	39
25	9	9	10	10	38	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 (ต่อ)

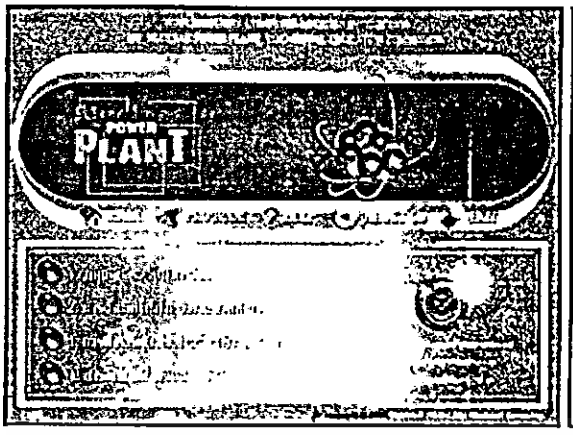
นักศึกษาลำดับที่	คะแนนเต็ม 80 คะแนน					
	คะแนนจากการหาค่า E1					คะแนนจากการหาค่า E2
	บทที่ 1	บทที่ 2	บทที่ 3	บทที่ 4	รวมคะแนน	
26	8	9	9	10	36	38
27	10	10	9	10	39	37
28	10	9	9	10	38	38
29	10	9	8	10	37	38
30	10	8	9	9	36	38

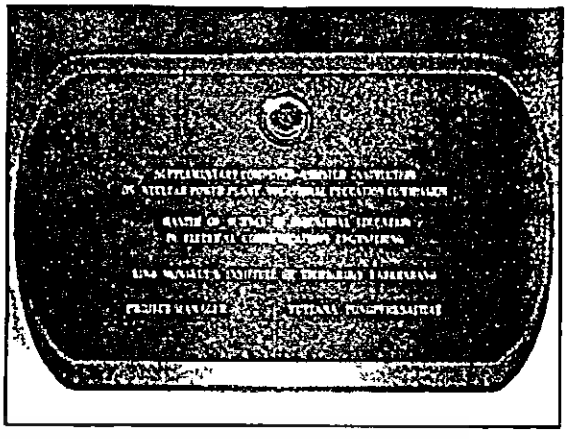
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

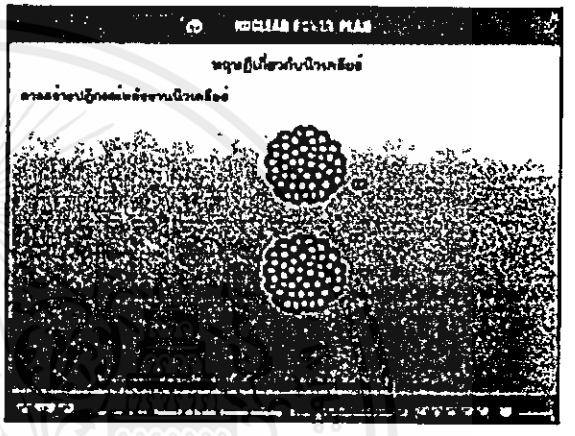
ภาคผนวก ช

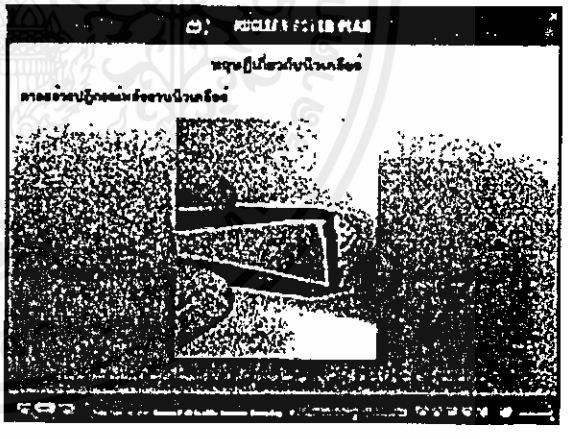
ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

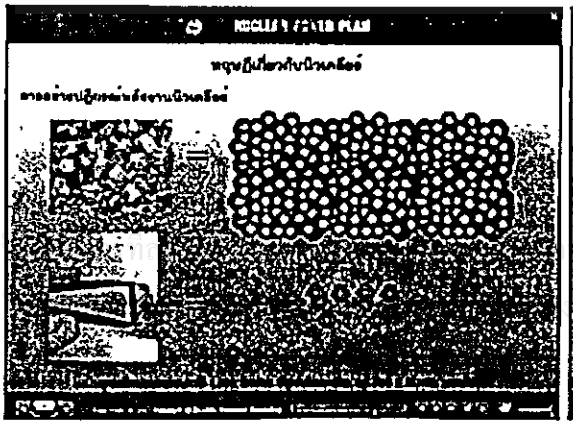
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

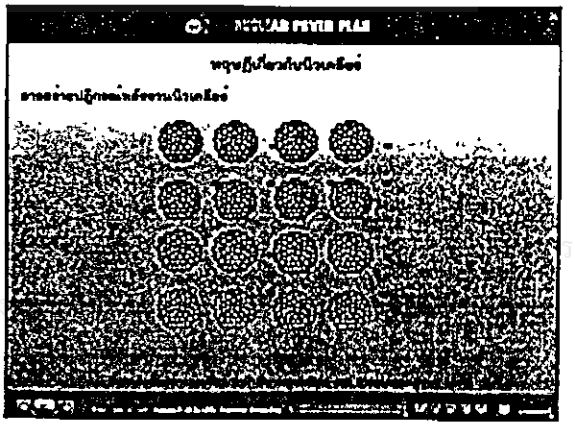




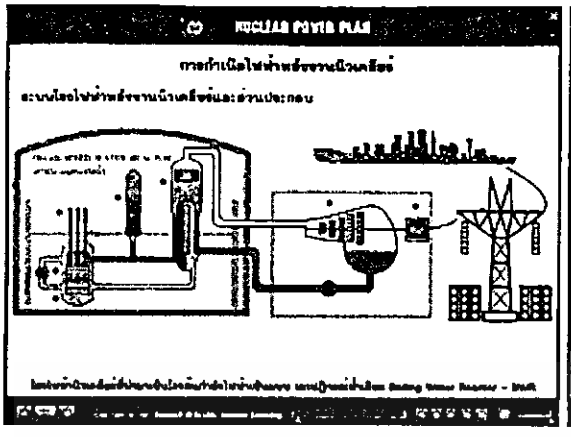


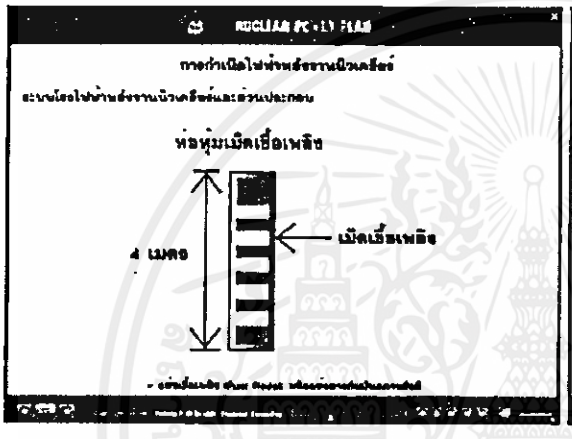


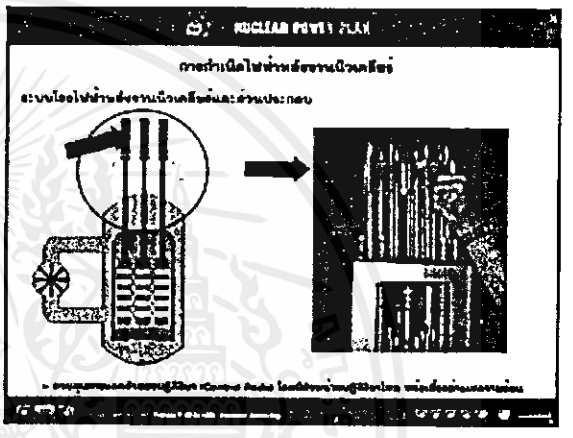


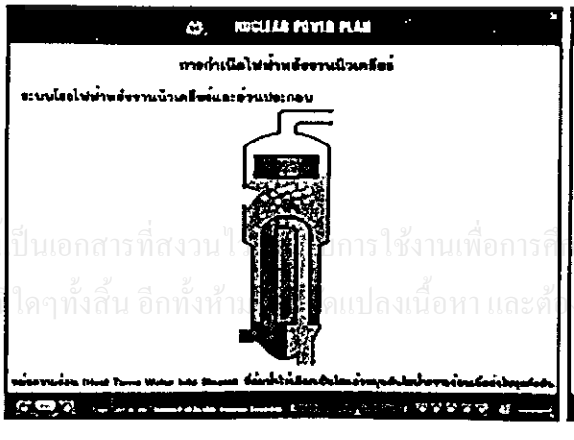


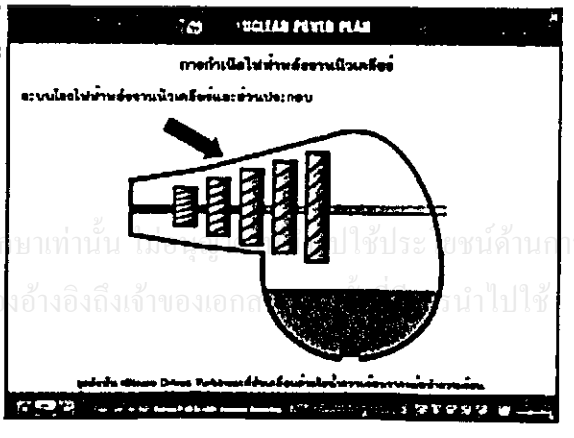
เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณี



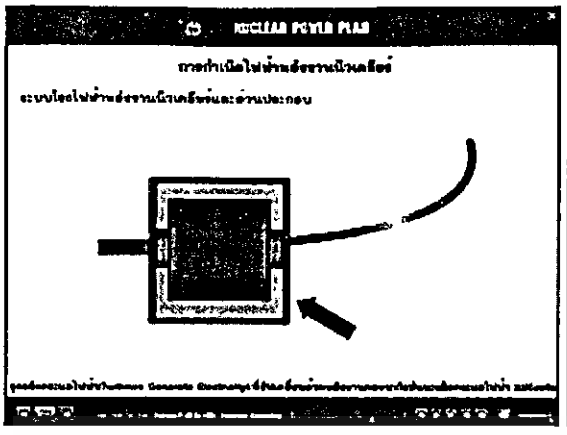


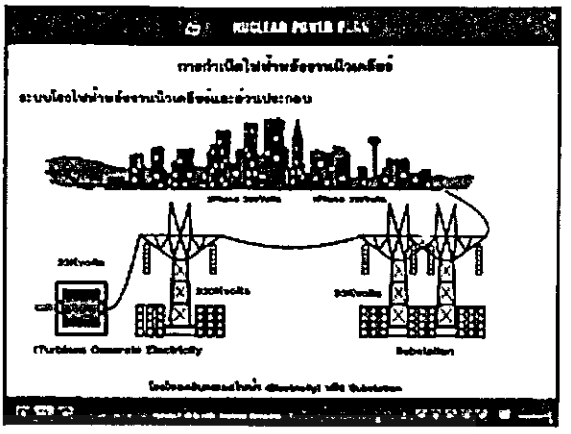


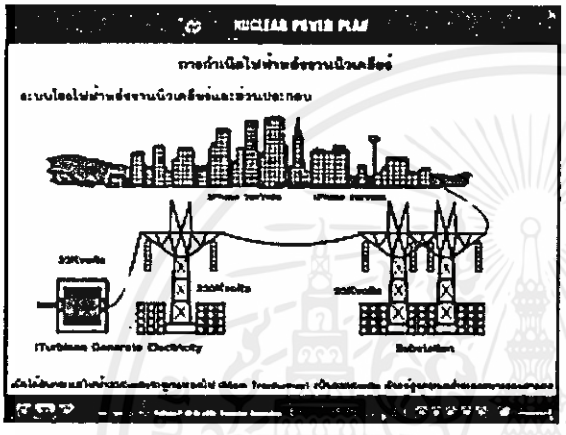


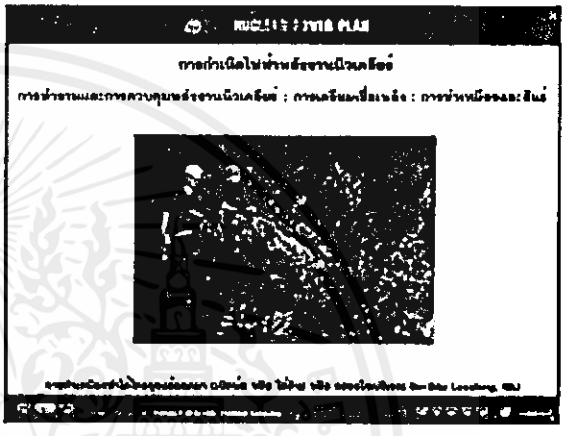


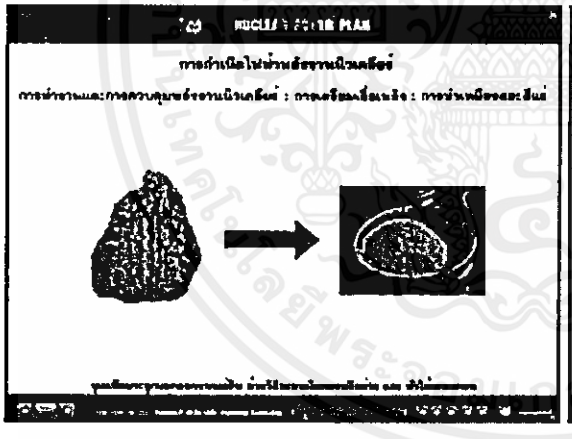
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

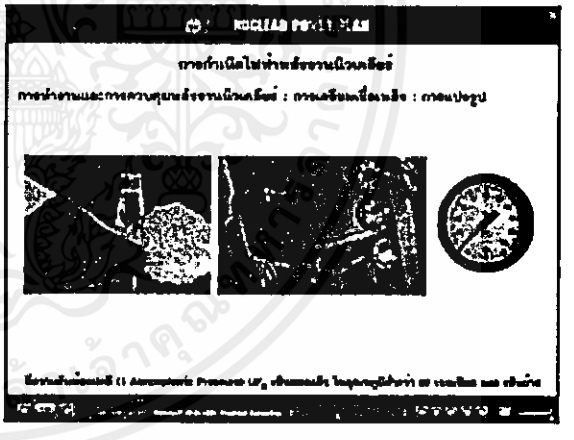




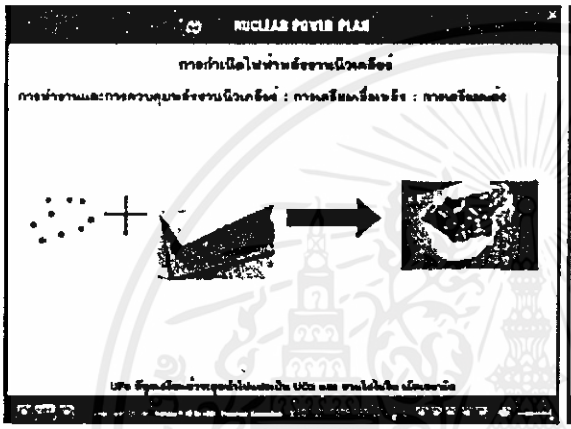


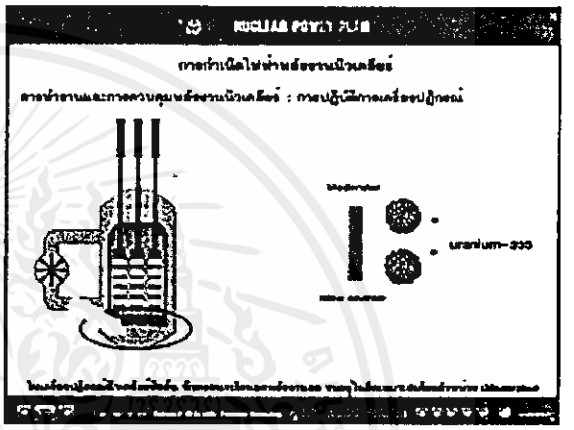


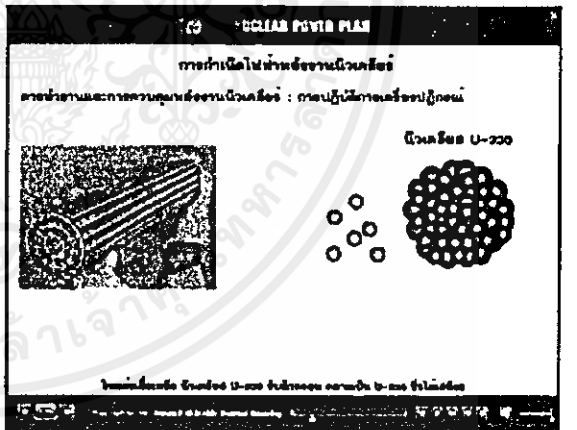


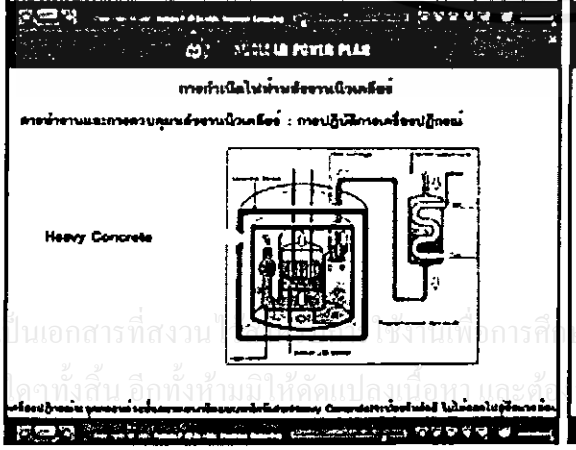


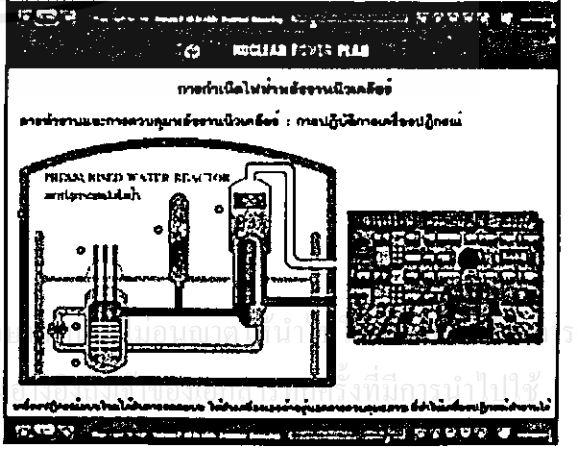
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



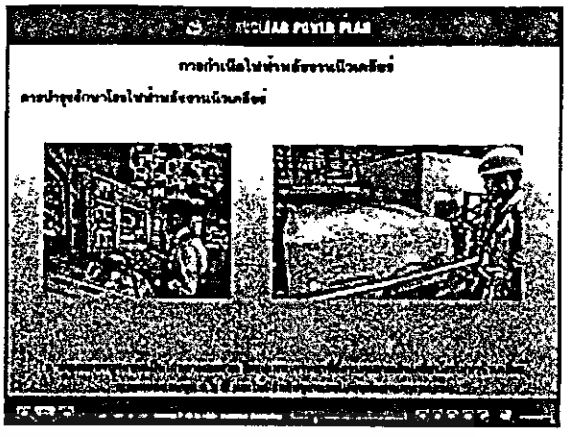


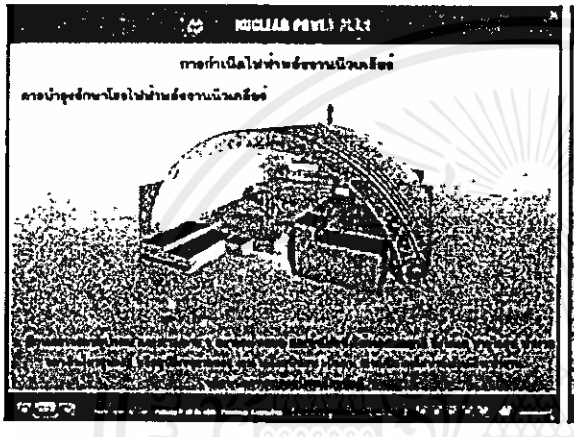


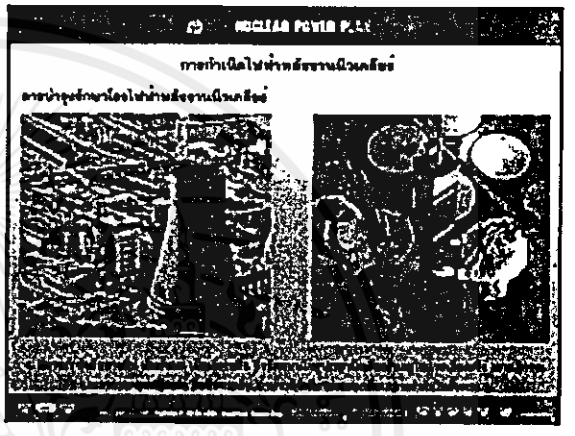


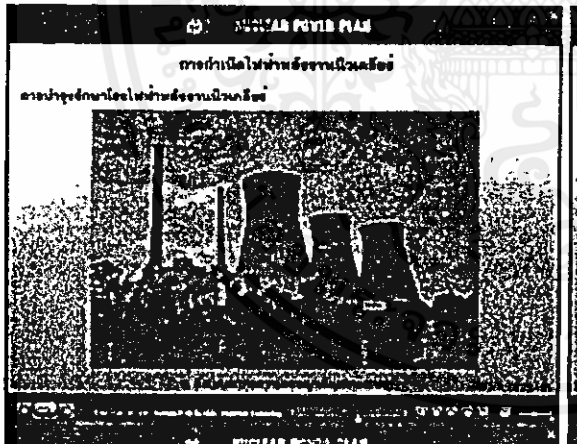


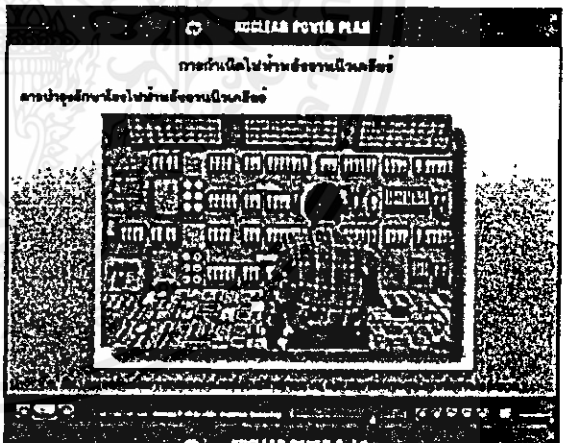
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



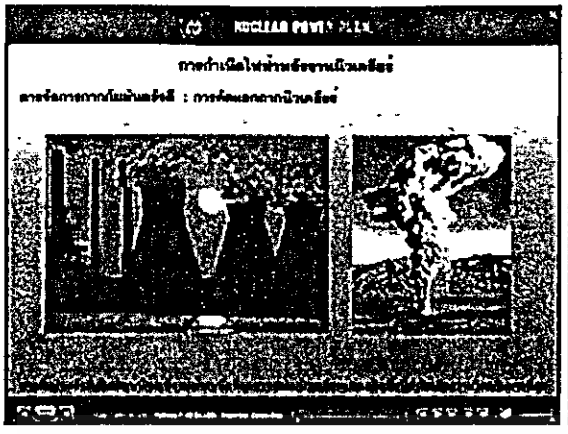


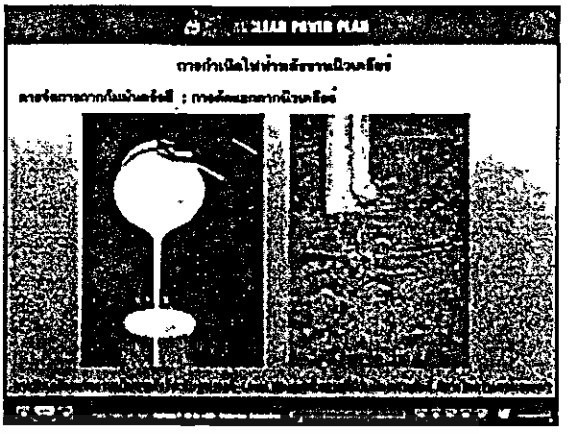


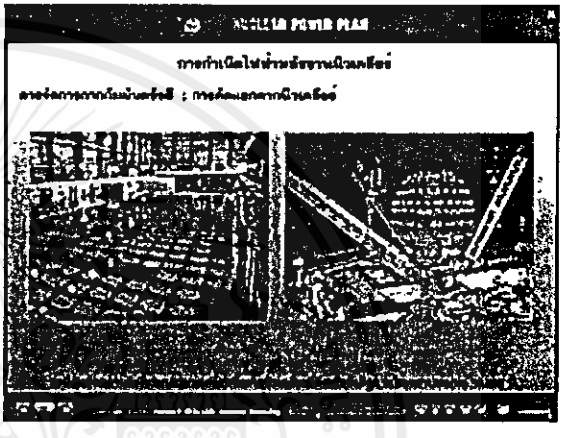




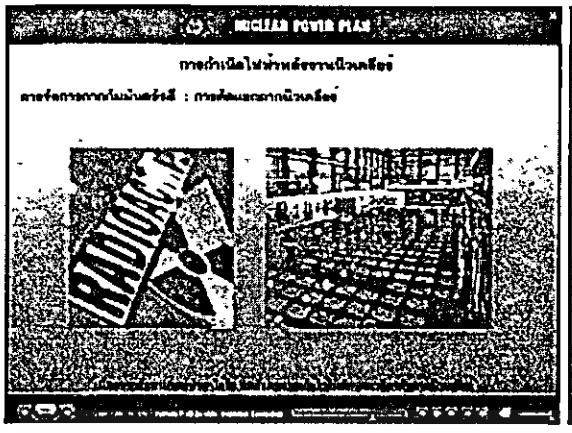
เอกสารนี้
ไม่ว่ากรณี

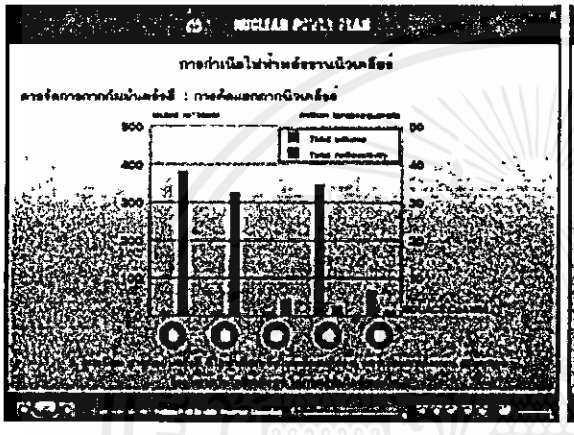


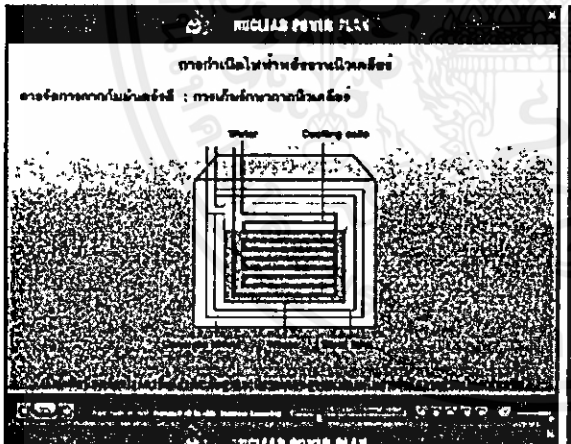


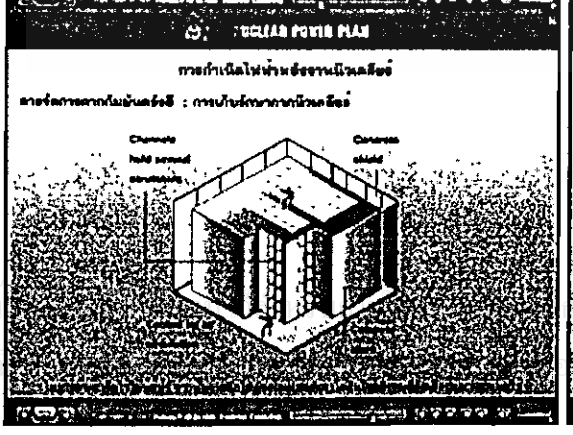


เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... การค้า









เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ... การค้า

ภาคผนวก ซ

คู่มือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ช่วยสอนเริ่มความรู้

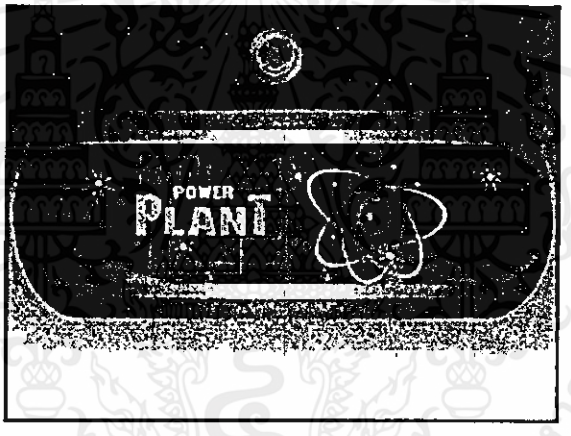
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ ได้ใช้โปรแกรม Macromedia Flash จะประกอบด้วยเนื้อหา 4 บทเรียน โดยใช้ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจ และความสนใจในการเรียนของนักศึกษา ซึ่งใช้เรียนร่วมกับคอมพิวเตอร์

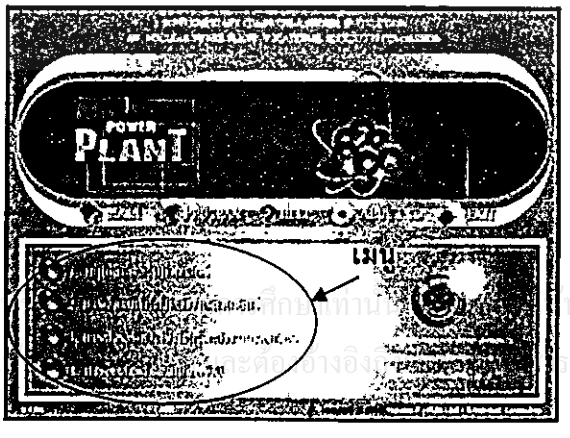
1. การใช้งานโปรแกรม

1.1 โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้ วิชาโรงต้นกำลังไฟฟ้า เรื่องการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง เป็นโปรแกรมที่บรรจุอยู่ในแผ่นซีดี แบบ Autorun หมายความว่า เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เปิดทำงานอยู่ แล้วใส่แผ่นซีดีรอมลงในเครื่องอ่านแผ่นซีดีรอม โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะถูกเรียกขึ้นมาโดยอัตโนมัติ จากนั้นจะเข้าสู่ Title ก่อนเข้าสู่บทเรียน



ภาพที่ ช.1 แสดงการเปิดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมความรู้

1.2 จากนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่เมนูหลักเพื่อเข้าสู่บทเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 บทเรียน



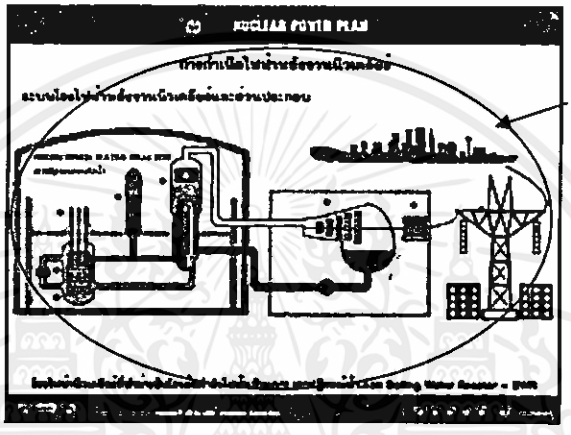
ภาพที่ ช.2 แสดงเมนูเพื่อเข้าสู่บทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิ ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การเลือกเข้าสู่เมนูต่างๆ สามารถทำได้โดยการเลื่อนเมาส์มาตรงบริเวณเมนูที่ต้องการ เมาส์จะเลื่อนจากลูกศรเป็นรูปมือ ซึ่งหมายความว่า บริเวณมือนี้สามารถคลิกลงไปได้ และตลอดทั้งโปรแกรมก็เป็นเช่นนี้ จะเข้าสู่เนื้อหา

2. การใช้งานส่วนการนำเสนอเนื้อหา

2.1 ในส่วนการนำเสนอเนื้อหา ประกอบด้วย ส่วนที่แสดงเนื้อหา และส่วนล่างเป็นส่วนที่แสดงเครื่องมือต่างๆ



ภาพที่ ช.3 แสดงส่วนการนำเสนอเนื้อหา

1. Previous : ใช้สำหรับกลับไปเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย ของหัวข้อที่ผ่านมา
2. Next : ใช้สำหรับข้ามไปเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย ของหัวข้อถัดไป
3. Main : ใช้สำหรับเลื่อน ช่วงของ มัลติมีเดีย ไปยังช่วงที่ต้องการ
4. Seek : ใช้สำหรับเลื่อน ช่วงของ มัลติมีเดีย ไปยังช่วงที่ต้องการ
5. Rewind : ใช้สำหรับเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย แบบย้อนกลับ
6. Stop : ใช้สำหรับหยุดเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย
7. Play : ใช้สำหรับเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย
8. Pause : ใช้สำหรับหยุดเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย ชั่วขณะ
9. Forward : ใช้สำหรับเล่นไฟล์ มัลติมีเดีย แบบเร็ว
10. Mute : ใช้สำหรับปิดเสียงบรรยายของไฟล์ มัลติมีเดีย
9. Volume : ใช้สำหรับปรับระดับความดังของเสียงบรรยาย

ภาพที่ ช.4 แสดงเครื่องมือต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกจากโปรแกรมนั้นจะต้องอยู่ที่เมนูหลักเสมอ ในหน้าจอของเมนูหลักจะแสดงปุ่ม เมื่อต้องการออกจากโปรแกรมบทเรียนก็ให้คลิกเม้าส์ไปที่ปุ่ม

ภาพที่ ช.5 แสดงส่วน Exit เมื่อออกจากโปรแกรม

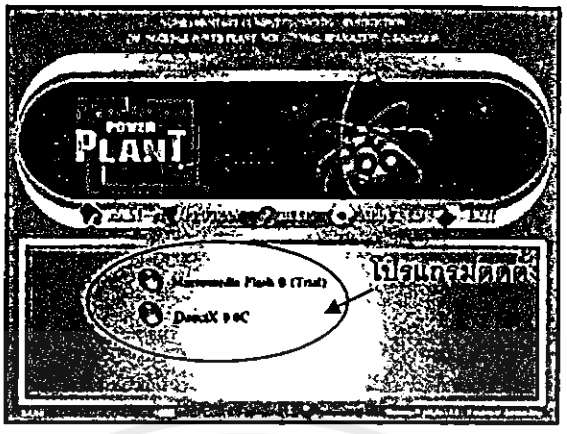
3. ปัญหาที่พบ

3.1 โปรแกรมที่บรรจุอยู่ในแผ่นซีดี เป็นแบบ Autorun ถ้าไม่มีการทำงานของระบบโปรแกรมให้เข้าไปที่ Drive CD-Rom แล้วดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์ชื่อ Thiesis_Nuclear.exe

ภาพที่ ช.6 แสดงส่วนข้อมูล Drive CD-Rom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ถ้าดับเบิ้ลคลิกที่ไฟล์ชื่อ Thiesis_Nuclear.exe ไม่ทำงานให้ ติดตั้งโปรแกรมเพิ่มเติม



ภาพที่ ช.7 แสดงส่วนโปรแกรมติดตั้งเพิ่มเติม

4. ทฤษฎีการกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้พลังงานนิวเคลียร์

ระบบโรงไฟฟ้าที่ใช้กันอย่างกว้างในปัจจุบันเป็นระบบที่ทำเป็นการค้า มีต้นทุนการผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ระบบใหญ่ ๆ คือ

1) โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ (Stream Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาต้มน้ำให้เดือดกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิสูงและความดันสูง แล้วนำไอน้ำเดือดนี้ไปหมุนกังหันไอน้ำเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกต่อหนึ่ง เชื้อเพลิงที่ใช้ในระบบนี้จะเป็นเชื้อเพลิงประเภทฟอสซิลเป็นหลักใหญ่ ในปัจจุบันที่ใช้อยู่ในเมืองไทย คือ น้ำมันเตา ถ่านหินลิกไนต์ ก๊าซธรรมชาติ และความร้อนร่วมจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ นอกนั้นก็มีการใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์มาต้มน้ำ หรืออาจใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพซึ่งมีจำนวนน้อยและยังอยู่ในขั้นทดลอง โดยการผลิตจะมีการปรับขั้นตอนในการทำน้ำร้อนให้เหมาะสมในแต่ละวิธี แต่หลักการส่วนใหญ่จะเหมือนกัน

2) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant)

โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำเชื้อเพลิงมาเผาไหม้โดยตรง ซึ่งจะให้ก๊าซร้อนที่มีอุณหภูมิและความดันสูงมาก นำไปขับกังหันก๊าซโดยตรงเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3) โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro – Electric Power Plant)

โรงไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นโรงไฟฟ้าที่นำพลังงานน้ำเหนือเขื่อนมาหมุนกังหันน้ำเพื่อฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

4) โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ (Nuclear Power Plant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนชนิดหนึ่ง มีลักษณะการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าเช่นเดียวกับโรงไฟฟ้ากังหันไอน้ำ เพียงแต่เชื้อเพลิงที่ใช้ในการให้ความร้อนกับของไหลทำงานเช่นน้ำใช้พลังงานจากพลังงานนิวเคลียร์เท่านั้น

5) โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel Power Plant)

โรงไฟฟ้าดีเซล เป็นโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซลทำงานฉุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็ก ในประเทศไทยจะใช้เฉพาะในชนบทห่างไกลที่สายส่งหลักไปไม่ถึงเท่านั้น โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะเป็นผู้ดำเนินการ

ประเภทของเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 7 ประเภท คือ (สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี , http://news.thaieurope.net/content/view/468/40/)

1. เตาปฏิกรณ์น้ำที่ถูกอัดด้วยแรงดัน Pressurized Water Reactor - PWR เป็นเตาปฏิกรณ์ที่ใช้น้ำที่อยู่ภายใต้แรงกดดันสูง เป็น Coolant และ Moderator ที่ความดัน 155 ชั้นบรรยากาศ น้ำที่อยู่ภายใต้ความร้อนสูง 300 องศาเซลเซียส จะคงสภาพเป็นของเหลวได้อยู่ และน้ำร้อนที่ได้นี้จะไหลไปสู่เครื่องผลิตไอน้ำ เพื่อสร้างไอน้ำไปปั่นชุดเทอร์ไบนผลิตไฟฟ้า เตาปฏิกรณ์ PWR มีใช้ในโลก 212 เครื่อง ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในประเทศฝรั่งเศส ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

2. เตาปฏิกรณ์ VVER เป็นชื่อย่อภาษารัสเซีย เป็นเทคโนโลยีของ Ex- USSR ใช้หลักการเดียวกับ PWR แต่ออกแบบในแนวทางของของรัสเซีย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการออกแบบเตาปฏิกรณ์ VVER รุ่นแรกๆ ไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัย บางประเทศ ได้แก่ บุลกาเรียและ สโลวาเกีย ได้ปิดเตาปฏิกรณ์รุ่นนี้ไปแล้วบางส่วน มีเตาปฏิกรณ์ VVER จำนวน 51 เครื่อง ใช้ในประเทศรัสเซีย ยูเครน อาร์มีเนีย บุลกาเรียฮังการี สาธารณรัฐเช็ก สโลวาเกียและฟินแลนด์

3. เตาปฏิกรณ์น้ำเดือด Boiling Water Reactor - BWR เป็นการพัฒนาเตารุ่น PWR ให้ลดแรงดันของน้ำเหลือประมาณ 70 ชั้นบรรยากาศ น้ำซึ่งเป็นCoolant และ Moderator จะผ่านเตาปฏิกรณ์และระเหยเป็นไอน้ำ และสามารถปั่นเทอร์ไบน์ได้โดยตรง เตาปฏิกรณ์ BWR มีอยู่ 92 เครื่อง ใน 9ประเทศ ส่วนใหญ่อยู่ที่ประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

4. เตาปฏิกรณ์น้ำหนัก Heavy Water Reactor - HWR HWR มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า CANDO (Acronyme de CANandian Deuterium Uranium) ซึ่งพัฒนาขึ้นที่ประเทศCanada ใช้น้ำหนัก (heavy water) เป็นตัวนำตัวนำความเย็น (coolant) และ ตัวหน่วง (moderator) มีข้อดีที่สามารถใช้ยูเรเนียมดิบจากธรรมชาติได้ (รุ่น PWR BWR จะต้องผ่านขบวนการให้เป็น isotope235U ก่อน) และสามารถเปลี่ยนเชื้อเพลิงกัมมันตภาพระหว่างที่เครื่องยังทำงานอยู่ (รุ่น PWR BWR ต้องหยุดเครื่องก่อน จึงจะเปลี่ยนได้) ปัจจุบัน มีเตาปฏิกรณ์ HWR มี 34 เครื่อง ใน 6 ประเทศ ได้แก่ แคนาดา อาร์เจนตินา อินเดีย ปากีสถาน เกาหลี และโรมาเนีย

5. เตาปฏิกรณ์ทำความเย็นด้วยแก๊ส Gas Cooled Reactor - GCR มีเตาปฏิกรณ์ GCR มีสองรุ่นคือรุ่น GCR หรือ Gas Cooled Reactor และรุ่น ACR หรือ Advanced Gas-Cooled Reactor เตาปฏิกรณ์ประเภทนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็น Coolantและกราไฟต์เป็น Modulator เตาปฏิกรณ์ GCR มีใช้ในสหราชอาณาจักรเพียงประเทศเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เตาปฏิกรณ์ RBMK เป็นตัวย่อภาษารัสเซียว่า High-Power Channel Reactor เตาปฏิกรณ์ รุ่นนี้ใช้น้ำเป็นCoolant และกราไฟต์เป็น Modulator การออกแบบและสร้างเตาปฏิกรณ์ RBMK เกิดในยุคคอมมิวนิสต์ และไม่ได้มาตรฐานความปลอดภัยที่ใช้กันในกลุ่มประเทศตะวันตกที่ใช้อยู่ โศกนาฏกรรมที่ Tchenobyl ก็เกิดจากเตาปฏิกรณ์รุ่นนี้ เตาปฏิกรณ์ RBMK ซึ่งยังคงมีใช้งานอยู่ 15 เครื่องในประเทศรัสเซีย และ ลิธัวเนีย

7. เตาปฏิกรณ์ Fast Breeder Reactor - FBR เตาปฏิกรณ์นี้เป็นรุ่นที่ก้าวหน้าที่สุด โดยใช้นิวตรอนความเร็วสูงแทนที่จะใช้นิวตรอนที่ถูกทำให้ร้อน วิธีการนี้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานทรัพยากรเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นถึง 50 เท่า เตาปฏิกรณ์รุ่นนี้มีใช้เพียงในประเทศฝรั่งเศส อินเดีย รัสเซีย และญี่ปุ่น (อย่างไรก็ตามที่ญี่ปุ่น ได้เกิดการรั่วของสารโซเดียม จึงได้ยุติการใช้งานชั่วคราว และมีกำหนดการเปิดใช้ใหม่ในปี 2008)

ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์

1. กิจการอุตสาหกรรม

การใช้วัสดุกัมมันตรังสีและเทคนิคทางรังสีในทางอุตสาหกรรม ซึ่งเรียกว่า "เทคนิคเชิงนิวเคลียร์" เป็นการนำเอาพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในทางสันติ สำหรับประเทศไทยได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในกิจการต่าง ๆ

2. ด้านการแพทย์และอนามัย

เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Nuclear Medicine) คือ การนำเอาสารรังสีหรือรังสีมาใช้ในการตรวจการรักษา และด้านการค้นคว้าศึกษาการทำงานของระบบอวัยวะในร่างกาย เพื่อช่วยในการตรวจวิเคราะห์หรือรักษาโรคบรรเทาความทุกข์ทรมานของผู้ป่วย และร่นระยะเวลาการรักษาอยู่ในโรงพยาบาล

3. ด้านการเกษตร ชีววิทยาและอาหาร

ประเทศไทยมีการเกษตรเป็นอาชีพหลักของประชากร โครงการใช้นิวเคลียร์เทคโนโลยีเพื่อส่งเสริมกิจการเกษตร เป็นต้นว่าการเพิ่มผลผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิต ซึ่งกำลังแพร่ขยายออกไปสู่ชนบทเพิ่มมากขึ้น

อันตรายจากพลังงานนิวเคลียร์

เนื่องจากรังสีเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ดังนั้นเมื่อกระทบต่อวัสดุต่าง ๆ และต่อสิ่งที่มีชีวิต ก็ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบขึ้นได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณรังสีและชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รังสีที่ก่อให้เกิดไอออนนั้น มีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอม/โมเลกุลของเซลล์และระบบการทำงานของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปและเกิดอาการผิดปกติในร่างกายขึ้นได้

ได้มีการศึกษาผลกระทบจากรังสีจากกรณีที่มีการทิ้งระเบิดปรมาณูเมื่อครั้งสงครามโลกครั้งที่ 2 และจากกรณีการปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ รังสีและวัสดุกัมมันตรังสีตลอดช่วงเวลา 100 ปี ที่ผ่านมาและได้สรุปผลค่าความเสี่ยงและอันตรายของรังสีต่อมนุษย์ ได้ดังแสดงในตารางที่ ช.1

ตารางที่ ช.1 แสดงระดับรังสีที่ทำอันตรายต่อมนุษย์

ระดับความแรงรังสี	อันตรายที่เกิดขึ้น
10,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยและถึงตายได้ภายใน 2-3 สัปดาห์
1,000 มิลลิซีเวิร์ต ในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย เช่น อาเจียนแต่ไม่ถึงตาย และอนาคตอาจเกิดมะเร็งได้
20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสี
13 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้ทำงานได้สำหรับคนงานในเหมืองแร่ยูเรเนียม
2 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติ
0.05 มิลลิซีเวิร์ต	เป็นเกณฑ์กำหนดระดับรังสี ณ รั้วรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขณะเดินเครื่อง

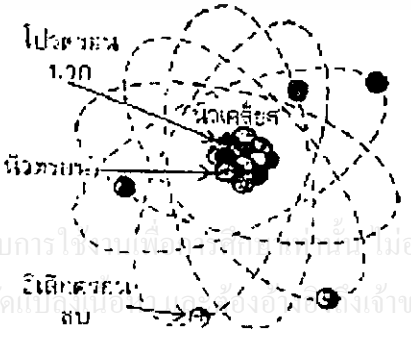
4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนิวเคลียร์

4.1.1 ความหมายของพลังงานนิวเคลียร์

ปรมาณู หรืออะตอม คือ ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงคุณสมบัติของธาตุอยู่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 อะตอมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ดังแสดงในรูปที่ ช-8

- ส่วนแกนกลางที่เรียกว่านิวเคลียส ซึ่งเป็นส่วนที่มีมวลสารและอยู่ตรงใจกลางของอะตอม

- ส่วนกรอบคืออาณาบริเวณที่อนุภาคอิเล็กตรอนหมุนวนรอบนิวเคลียสอีกทีหนึ่ง



ภาพที่ ช.8 นิวเคลียสของอะตอมของธาตุต่าง ๆ

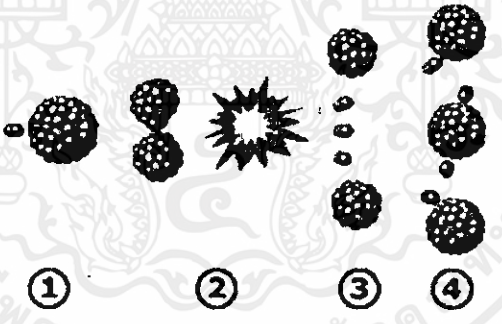
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิวเคลียสของอะตอมธาตุต่าง ๆ มีรัศมีประมาณ 10-13 เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวก็คงไม่เกิน 10-14 ตารางเซนติเมตร แต่ขนาดของอะตอมใหญ่กว่าเพราะวัดเทียบจากวงโคจรของอิเล็กตรอนที่อยู่ล้อมรอบโดยพบว่าอะตอมปกติจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-18 เซนติเมตรเท่านั้น

4.1.2 การสร้างปฏิกรณ์พลังงานนิวเคลียร์

พลังงานปรมาณูเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน ซึ่งอะตอมของธาตุแตกออก แล้วปล่อยพลังงานออกมา ซึ่งอะตอมของธาตุบางชนิดเท่านั้นที่เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้ (Fissionable) ธาตุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และนำมาใช้มากที่สุด คือโลหะยูเรเนียม ซึ่งเป็นธาตุในธรรมชาติที่ไม่เสถียร

ยูเรเนียมมีหลายชนิด หรือหลายไอโซโทป ยูเรเนียม-235 เป็นไอโซโทปที่เกิดฟิชชันได้ง่ายที่สุด แต่ในยูเรเนียมตามธรรมชาติ 1,000 อะตอม มียูเรเนียม-235 อยู่เพียง 7 อะตอม เท่านั้น ยูเรเนียม-235 ที่ถูกยิงด้วยนิวตรอน ไม่ได้แตกออกเท่านั้น แต่ยังให้นิวตรอนออกมา 2-3 นิวตรอนด้วย ซึ่งจะเข้าชนอะตอมของยูเรเนียม-235อะตอมอื่น ทำให้เกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้นเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถ้ามีปริมาณยูเรเนียม-235 ความเข้มข้นสูงพอ ดังแสดงในรูปที่ ช-9



ภาพที่ ช.9 กระบวนการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันต่อเนื่อง

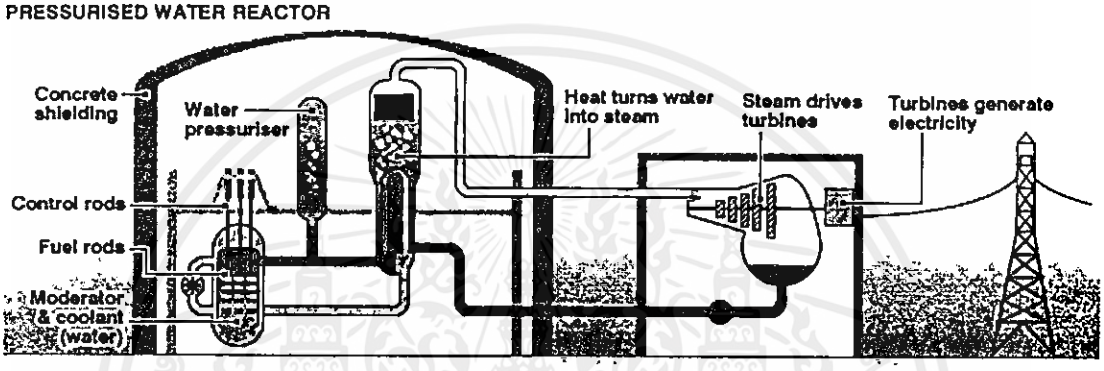
- นิวตรอนเข้าชนนิวเคลียสที่ไม่เสถียร ของยูเรเนียม-235
- นิวเคลียสแตกออก และให้พลังงานจำนวนมากออกมา
- มีนิวตรอนเกิดจากปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น
- นิวตรอนใหม่เข้าชนนิวเคลียสของอะตอมอื่นๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การกำเนิดไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

4.2.1 ระบบโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์และส่วนประกอบ

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่นำมาเป็นโรงต้นกำลังไฟฟ้าเป็นแบบ เตาปฏิกรณ์น้ำเดือด Boiling Water Reactor – BWR ดังแสดงในรูปที่ 2.4 การทำงานของเตารุ่นนี้ แรงดันของน้ำจะเหลือประมาณ 70 ชั้นบรรยากาศ น้ำซึ่งเป็น Coolant และ Moderator จะผ่านเตาปฏิกรณ์และระเหยเป็นไอน้ำ และสามารถปั่นเทอร์ไบนได้โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ ช-10 (In depth: Nuclear explained, http://www.nst.or.th/article/article491/article49071.html)



ภาพที่ ช.10 โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบเตาปฏิกรณ์น้ำเดือด

- เตาปฏิกรณ์ (Reactor): เป็นแกนกลาง และหัวใจของระบบ ประกอบด้วย
  * แท่งเชื้อเพลิง (Fuel Rods): หรือแท่งสารกัมมันตภาพรังสี
  * ควบคุมการแตกตัวของปฏิกิริยา (Control Rods): โดยมีตัวหน่วงปฏิกิริยาไหลหล่อเลี้ยงถ่ายเทความร้อน

- ตัวหน่วงปฏิกิริยาการแตกตัวของนิวตรอน (Moderator & Coolant Water):และตัวทำความเย็นจะเป็นตัวไหลเวียนถ่ายเทและนำความร้อนที่เกิดจากเตาปฏิกรณ์ไปยังหม้อความร้อนที่ต้มน้ำ

- ชุดเพิ่มความกดดัน (Water Pressuriser): ของเครื่องทำความเย็นด้วยน้ำให้มีการไหลเวียนถ่ายเทความร้อนคงที่และยังทำให้หม้อความร้อนทำงานคงที่

- หม้อความร้อน (Heat Turns Water Into Steam): ที่ต้มน้ำให้เดือดเป็นไอแล้วหมุนดันไอน้ำความร้อนเพื่อส่งไปชุดกังหัน

- ชุดกังหัน (Steam Drives Turbines):ที่ขับเคลื่อนด้วยไอน้ำความร้อนจากหม้อทำความร้อน

- ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า (Turbines Generate Electricity): ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานกลจากกังหันจะผลิตกระแสไฟฟ้า 23Kvolts

- โรงโหลดรับกระแสไฟฟ้า (Electricity) หรือ Substation เมื่อได้รับกระแสไฟฟ้า23Kvolts จะถูกแปลงไฟ (Main Tranformer) เป็น230Kvolts *(โวลท์สูงกระแสต่ำจะลดขนาดของสายส่ง)* แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงถูกส่งไปยัง Substation ส่วนภูมิภาคจะถูก Step Down กระแสไฟฟ้าที่จะใช้อยู่ที่ประมาณ 23Kvolts แล้วจะถูก Step Down ไปตามโรงงานใช้ไฟ3เฟส 380 Volts ส่งไปตามบ้านใช้ไฟ1เฟส220 Volts

4.2.2 การทำงานและการควบคุมพลังงานนิวเคลียร์

การเตรียมเชื้อเพลิง:

1. การทำเหมืองและสีแร่ (Mining And Milling): การทำเหมืองทำได้โดยขุดแร่ออกมา (เปิดบ่อ หรือ ใต้ดิน) หรือ กรองในบริเวณ (In-Situ Leaching, ISL) ยูเรเนียมจะถูกแยกออกจากแร่ดิบด้วยวิธีละลายในกรดหรือด่าง และ ทำให้ตกตะกอน และจะถูกทำให้เป็น ยูเรเนียมออกไซด์ (U_3O_8) ซึ่งมักถูกเรียกว่า "เค็กเหลือง (Yellowcake)" แร่ดิบอาจมียูเรเนียมต่ำกว่า 0.1% แต่ Yellowcake นี้มักมียูเรเนียมอยู่เกิน 80%

2. การแปรรูป (Conversion): ยูเรเนียมต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นก๊าซก่อนที่จะผ่านกระบวนการเสริม เพื่อการนี้ เค็กเหลืองจะถูกเปลี่ยนทางเคมี ให้เป็น ยูเรเนียมเฮกสะฟลูออไรด์ (UF_6) ซึ่งสามารถทำให้เปลี่ยนเป็น ก๊าซ หรือ ของเหลว ได้ในช่วงอุณหภูมิและความดันที่ไปได้ไม่ยาก ที่ความดันห้องปกติ (1 Atmospheric Pressure) UF_6 เป็นของแข็ง ในอุณหภูมิต่ำกว่า 57 เซลเซียส และ เป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านั้น มันจะเปลี่ยนเป็นของเหลวก็ต่อเมื่ออุณหภูมิร้อนกว่า 64 เซลเซียส และ ความดันเหนือ 1.5 Atm

3. การเสริมแร่ (Enrichment): จุดประสงค์ของการเสริมแร่ คือการเพิ่มความเข้มข้นของยูเรเนียม-235 ซึ่งเป็น ไอโซโทปที่เกิดการฟิชชั่นได้ ให้สูงขึ้น ยูเรเนียมในธรรมชาติมี U-235 อยู่ 0.7% ซึ่งต่ำไปสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง การเสริมแร่ทำโดยการซึมแทรก (Diffusion) หรือ การหมุนรอบจุดศูนย์กลาง (Centrifuge) โดยที่วิธี Centrifuge นั้นเป็นวิธีที่ใหม่กว่า และ ถูกกว่ามาก ทั้งสองวิธีแยกไอโซโทป ในก๊าซ UF_6 ตามน้ำหนัก ในวิธีซึมแทรก U-235 เบากว่า U-238 ดังนั้นเมื่อพลังงานกลเท่ากัน U-235 จะวิ่งเร็วกว่า ฉะนั้นจึงมีโอกาสที่ดีกว่าในการผ่านร่องของแผ่นกรอง (Membranes) ในวิธีหมุนรอบจุดศูนย์กลาง U-238 ที่หนักกว่า จะเคลื่อนที่ด้วยรัศมีโค้งที่ใหญ่กว่า U-235 จะรวมอยู่ใกล้จุดศูนย์กลาง

4. การเตรียมแต่ง (Fabrication): UF_6 ที่ถูกเสริมแล้วจะถูกนำไปแปรเป็น UO_2 และ รวมใส่ไปใน เม็ดเซรามิค แล้วก็ใส่ไปในแท่งโลหะ สร้างเป็นแท่งเชื้อเพลิง (Fuel rods)

การปฏิบัติการเครื่องปฏิกรณ์:

ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิชชั่น นิวตรอนจะโดนลดพลังงานลง จนอยู่ในขีดเหมาะสมโดยตัวหน่วง (Moderator) (เนื่องจากโอกาสการเกิดฟิชชั่น ลดลงตามพลังงานของนิวตรอน) ตัวหน่วงมักเป็นน้ำ ซึ่งสามารถเป็น น้ำเบา (H_2O ธรรมดา) หรือ น้ำหนัก (D_2O ใช้ดิวทีเรียมแทนไฮโดรเจน) ก็ได้ ในแท่งเชื้อเพลิง นิวเคลียส U-235 จับนิวตรอน กลายเป็น U-236 ซึ่งไม่เสถียร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติ จะมี สองส่วนแยกออกมา เรียกว่า Fission Fragments และ นิวตรอน 2-3 ตัว ถูกปล่อยออกมา เมื่อนิวเคลียสแตกออก พลังงานส่วนใหญ่ (ราวๆ 80%) จะอยู่ในรูปพลังงานกลของเสี้ยวฟิชชั่นสอง ตัวนั้น ที่เหลือก็แบ่งไปให้ นิวตรอน รังสีแกมมา อิเลคตรอน และ นิวตริโน พลังงานจะกลายเป็น ความร้อน ซึ่งจะถูกดูดซับโดยน้ำ น้ำกลายเป็นไอ และ ไอก็ไปขับเคลื่อนเครื่องยนต์เทอร์ไบน์ โดย การปั่นใบกังหันให้หมุนในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น

นิวตรอนจากปฏิกิริยาฟิชชั่น สามารถไปสร้างฟิชชั่นต่อได้อีก กลายเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) แท่งควบคุม (Control Rods) ซึ่งประกอบด้วย วัตถุที่ดูดจับนิวตรอนเช่น แคดเมียม หรือ โบรอน จะถูกใช้ ดึงเข้า ออก เพื่อควบคุมจำนวนนิวตรอน

เครื่องปฏิกรณ์สามารถแยกเป็นสองประเภท ตามพลังงานของนิวตรอนที่ใช้: เครื่องปฏิกรณ์ แบบ Thermal ซึ่งใช้ นิวตรอน Thermal (พลังงานประมาณ 1/40 eV) และ เครื่องแบบเร็ว (Fast Reactors) ซึ่งใช้ นิวตรอนเร็ว (Fast Neutrons พลังงานระหว่าง 0.1-10 เมกะอิเลคตรอนโวลท์) ซึ่ง ต้องใช้ยูเรเนียมที่ถูกเสริมมากๆ (Highly Enriched) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยา

อีกส่วนประกอบหนึ่งที่สำคัญมาก ของเครื่องปฏิกรณ์ ก็คือ ตัวหล่อเย็น (Coolant) ซึ่งจะ ป้องกันไม่ให้แกนกลางของเครื่องร้อนมากเกินไป ตัวหล่อเย็นนี้ อาจเป็นอากาศ, น้ำ, หรือ ก๊าซอย่าง อื่น โดยทั่วไป น้ำมักจะถูกใช้ในสองหน้าที่ คือ ทั้งควบคุม (Moderate) พลังงานของนิวตรอน และ หล่อเย็นแกนเครื่องปฏิกรณ์

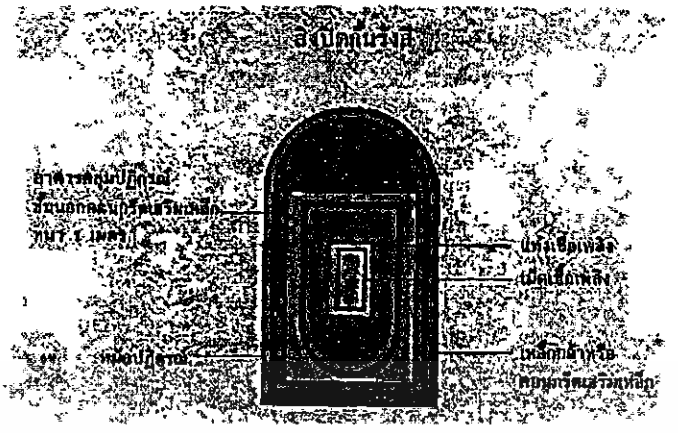
เครื่องปฏิกรณ์จะถูกครอบด้วยชั้นของคอนกรีตแบบหนักพิเศษ (Heavy Concrete) ซึ่ง สามารถป้องกันรังสี ไม่ให้ออกไปสู่สิ่งแวดล้อมเครื่องปฏิกรณ์แบบใหม่ได้รับการออกแบบ ให้ดับ เครื่องเองถ้าอยู่นอกการควบคุม สภาวะที่ทำให้เครื่องปฏิกรณ์ทำงานได้ ในระหว่างที่เดินเครื่องต้อง มีการโต้ตอบกับผู้ควบคุมตลอดเวลา ด้วยช่วงเวลาที่คงที่ ซึ่งแตกต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่เชอร์โนบิล (Chernobyl Reactor) ที่ใช้ระบบการโต้ตอบเพื่อทำให้การเกิดปฏิกิริยาอยู่ภายใต้การควบคุม
(ดร. รพพน พิชา , http://www.oaep.go.th/physics/info/npp/npp_th.html)

4.3 การบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

1. ต้องมีดำเนินการอย่างรอบคอบ โดยเน้นหนักทางด้านคุณภาพของเครื่องจักรและวัสดุ อุปกรณ์ การตรวจสอบ การทดสอบ และทดลองเครื่องอุปกรณ์แต่ละชิ้นในแต่ละระบบ ต้องทดลอง ซ้ำแล้วซ้ำอีกจนแน่ใจในเรื่องความปลอดภัย

2. การสรรหาบุคลากรเป็นไปอย่างเข้มงวด โดยเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ควบคุมการเดินเครื่อง โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ จะต้องทดสอบทุก ๆ 3 ปี และไม่มีสิทธิทำงานต่อไปหากไม่ผ่านการทดสอบ

3. มีการตรวจสอบอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ และถ้ามีภัยที่เกิดจาก ธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ พายุได้ฝุ่น น้ำท่วม แผ่นดินไหวรุนแรง หรืออุบัติเหตุร้ายแรง เช่น เครื่องบินชน เป็นต้น ระบบปิดโรงไฟฟ้าอัตโนมัติจะทำงาน หรือพนักงานจะต้องปิดเครื่องทันทีดังแสดงในรูปที่



ภาพที่ ช.11 สิ่งปิดกั้นรังสี

4. มีด่านกักรังสีหลายชั้น เริ่มตั้งแต่ เม็ดเชื้อเพลิง ซึ่งอัดแน่นในรูปเซรามิคเรียงกันอยู่ในแท่งเชื้อเพลิง เตาปฏิกรณ์ และอาคารคลุมปฏิกรณ์ ซึ่งมีหลายชั้น ถ้าหากมีรังสีผ่านออกมาก็จะสลายตัวไปในชั้นต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

5. มีระบบระบายความร้อนฉุกเฉินหลายระบบ

6. มีระบบป้องกันเพื่อความปลอดภัยโดยอัตโนมัติหลายระบบ และสามารถควบคุมโดยพนักงานได้อีกด้วย

7. จะต้องซ่อมบำรุงรักษาเป็นประจำตามข้อกำหนดที่วางไว้ เช่นทุก ๆ ปี

8. การซ่อมบำรุงรักษาและการเปลี่ยนเชื้อเพลิงทุกครั้งต้องมีเจ้าหน้าที่หน่วยตรวจสอบความปลอดภัย (Safe-Guard) ของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA-International Atomic Energy Agency)แห่งองค์การสหประชาชาติควบคุมอยู่ด้วย

4.4 การจัดการกากกัมมันตรังสี

4.4.1 การคัดแยกกากนิวเคลียร์

กากกัมมันตรังสีเป็นปัญหาใหญ่ที่สุดอย่างหนึ่งที่อุตสาหกรรมนิวเคลียร์ต้องเผชิญสิ่งที่ทำให้เกิดความวิตกกันมากที่สุด คือกากนิวเคลียร์บางส่วนเป็นกากรังสีระดับสูง (High-Level Waste) ซึ่งเป็นกากที่มีกัมมันตภาพรังสี มีการให้ความร้อนออกมา มีการกัดกร่อนภาชนะบรรจุ และสามารถทำให้คนที่ได้รับรังสีโดยตรง เสียชีวิตได้ภายในเวลาไม่กี่วัน

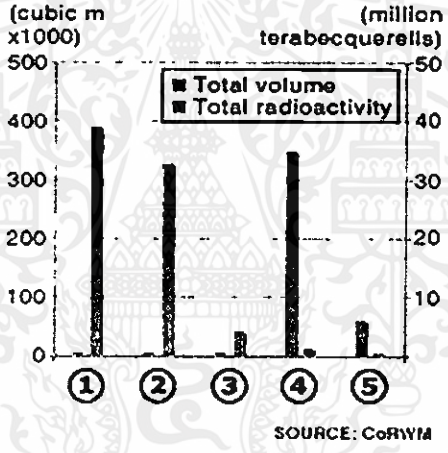
กากนิวเคลียร์ที่มีระดับรังสีสูง มีปริมาณไม่มาก กากนิวเคลียร์ชนิดนี้น้อยกว่า 0.3% ของปริมาณกากนิวเคลียร์ทั้งหมด แต่มีกัมมันตภาพรังสีรวมประมาณครึ่งหนึ่งกากนิวเคลียร์ที่มีระดับรังสีสูง จะใช้เวลาประมาณ 10,000 ปี ในการลดกัมมันตภาพรังสี ลงมาอยู่ในระดับที่ปลอดภัย ซึ่งไม่มีภาชนะที่ใช้บรรจุชนิดใด ที่เราทำขึ้นมาจะมีอายุยาวนานขนาดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบัน ยังไม่มีประเทศใดที่มีการแก้ปัญหานี้ในระยะยาวได้ แม้ว่า สหรัฐอเมริกาและฟินแลนด์ จะวางแผนในการสร้างสถานที่เก็บไว้ใต้พื้นดินระดับลึก ในพื้นที่ที่มีเสถียรภาพทางธรณีวิทยา ซึ่งอังกฤษก็กำลังอยู่ระหว่างการพิจารณาถึงการแก้ปัญหานี้อยู่

ในประเทศที่นำกากนิวเคลียร์กลับมาเข้ากระบวนการ (Reprocessing) กากที่รังสีระดับสูง (High-Level Radioactive Waste) จะมีการแยกยูเรเนียมกับพลูโตเนียมออก เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วมีกัมมันตภาพรังสีสูง แต่สามารถนำกลับมาเข้ากระบวนการเพื่อแยกพลูโตเนียม และยูเรเนียมที่เหลืออยู่ออกมา กระบวนการนี้จะทำให้ลดความต้องการยูเรเนียมจากการทำเหมือง และลดปริมาณกากนิวเคลียร์ลงได้

เชื้อเพลิงใช้แล้ว ยูเรเนียม และพลูโตเนียม ไม่ถือเป็นกากนิวเคลียร์ เนื่องจากยังสามารถนำมาใช้ได้ แต่ยังคงต้องเก็บไว้ในลักษณะเดียวกับกากนิวเคลียร์ โดยต้องเพิ่มการรักษาความปลอดภัย เนื่องจากพลูโตเนียมสามารถนำไปใช้ในการผลิตระเบิดนิวเคลียร์ได้ ดังแสดงในรูปที่ ช.12



ภาพที่ ช.12 ปริมาณเชื้อเพลิงและกากนิวเคลียร์

สีน้ำเงิน: กัมมันตภาพรังสี สีแดง: ปริมาตร

1. กากที่มีรังสีระดับสูง ซึ่งจะนำเข้ากระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่

2. เชื้อเพลิงใช้แล้ว ซึ่งเป็นส่วนผสมของยูเรเนียม พลูโตเนียม และผลผลิตฟิชชัน (Fission products)

3. พลูโตเนียม ธาตุกัมมันตรังสี เกิดจากปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียม สามารถนำไปใช้ทำระเบิดได้

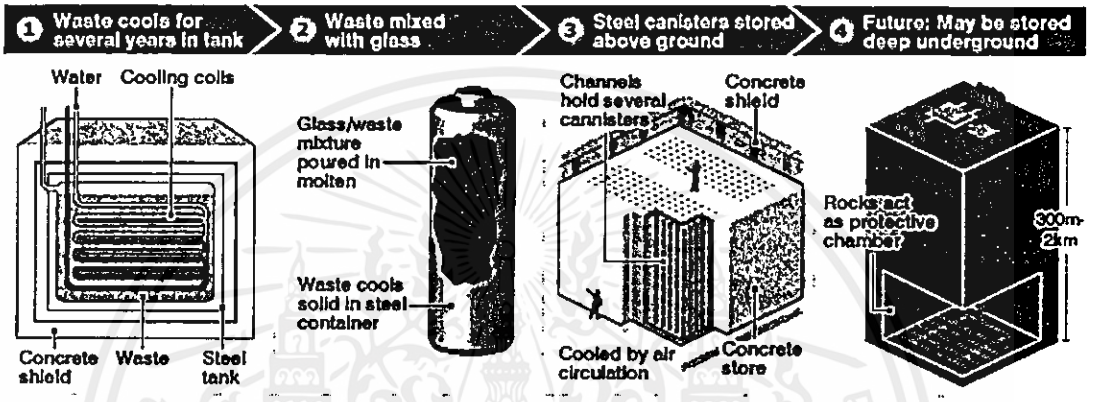
4. กากรังสีระดับปานกลาง เช่น ปลอกหุ้มแท่งเชื้อเพลิง ส่วนประกอบของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ยูเรเนียม ธาตุกัมมันตรังสี ที่ใช้ทำเชื้อเพลิงในเครื่องปฏิกรณ์ ต้องเพิ่มความเข้มข้น (Enrich) โดยใช้เทคโนโลยีระดับสูง ในการนำไปใช้ทำระเบิด

4.4.2 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์

ถ้าไม่มีการนำกลับมาเข้ากระบวนการใหม่ เชื้อเพลิงใช้แล้วจะกลายเป็นกากที่มีรังสีระดับสูง ส่วนกากที่มีรังสีระดับปานกลางจะผสมกับคอนกรีตและบรรจุลงถัง เพื่อเก็บไว้ในสถานที่ออกแบบก่อสร้างไว้ดังแสดงในรูปที่ ช.13



ภาพที่ ช.13 การเก็บรักษากากนิวเคลียร์

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วซึ่งมีรังสีระดับสูงและมีความร้อนสูงและปล่อยให้สารรังสีสลายตัวลงในระดับหนึ่ง แล้วจึงทำการกักการเคลื่อนไหวทำได้ด้วยวิธี วิตริฟิเคชั่น (Vitrification) หรือ Synroc วิธีวิตริฟิเคชั่นคือเทคนิคการผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมี เพื่อก่อให้เกิดเป็นแก้วเหลว ซึ่งจะกลายแข็งตัว แบบ Amorphous (ไม่มีผลึกคริสตัล) Synroc ซึ่งมาจากคำว่า "Synthetic Rock" คือวิธีที่ซับซ้อนขึ้นและยังไม่แพร่หลายนัก Synroc เป็นวิธีที่เกี่ยวกับการใส่สารรังสีเข้าไปในผลึกคริสตัลของเซรามิด ในช่วงต้นจะเก็บไว้ในบ่อน้ำ จากนั้นจะผนึกในถังสเตนเลสฝังลงใต้ดินในบริเวณที่คัดเลือกและออกแบบไว้ไม่ให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะเวลายาวนาน

ถ้าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใช้งานอยู่จนถึงกำหนดการปิดตัว โดยไม่มีการสร้างเครื่องปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น จะมีกากที่มีรังสีระดับปานกลางและกากที่มีรังสีระดับสูง ประมาณ 36,590 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับพื้นที่สระว่ายน้ำขนาดโอลิมปิก 14 สระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายยุทธนา พงศ์พฤกษชาติ
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 2 มีนาคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดสุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	448/283 ถนนประชาอุทิศ แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
สถานที่ทำงาน	บริษัทยูทาร์ คอมมูนิเคชั่น จำกัด 448/283 ถนนประชาอุทิศ แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310
ตำแหน่ง	ผู้จัดการ
ประวัติการศึกษา	ระดับอนุบาลศึกษา โรงเรียนปัญญาประเสริฐ ระดับประถมศึกษา โรงเรียนด่านช้าง ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนจันทร์หุ่นบำเพ็ญ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สถาบันเทคโนโลยีสยาม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สถาบันเทคโนโลยีสยาม ระดับปริญญาตรี (คอบ.) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชมงคล ระดับปริญญาโท (คอม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้