

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า "

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON LIGHTNING PROTECTION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

รฟ.

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

ล 28621

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

2546

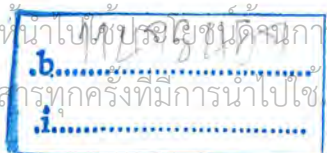
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....

55870

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของหอสมุดกลางสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าวิธีใดก็ตาม หากมีข้อสงสัยหรือต้องการให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปริญญาานิพนธ์

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง “ ระบบป้องกันฟ้าผ่า “
COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON LIGHTNING
PROTECTION

นักศึกษา

นางสาวอมรรัตน์ รัตนพันธ์ รหัส 45035045

ที่ปรึกษา

ผศ.สมพล ดำรงเสถียร

คณะ

ครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชา

ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ กรรมการตรวจปริญญาานิพนธ์ได้ตรวจและพิจารณาเห็นชอบแล้ว
จึงอนุมัติให้ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
บัณฑิตประจำปีการศึกษา 2546

.....คณะบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
(รศ.ดร.รวิวรรณ ชินะตระกูล)

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ พัสตราภรณ์ มีศิริ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ สมสิทธิ์ หวังเจริญ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ สุรศักดิ์ กังขาว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.....กรรมการ

(ผ.ศ. สมพล ดำรงเสถียร)

.....กรรมการ

(อาจารย์ สุทัศน์ จุฬามาศี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ เบญจวรรณ อุบลศรี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ สันติ กวินวงศ์ไพฑูรย์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ทศพร ไสดาบรรล)

.....กรรมการและเลขานุการ

(อาจารย์ ชูเกียรติ แซ่ตั้ง)

.....กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

(อาจารย์ ชาติไท จันเสน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์	บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า "
	COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ON LIGHTNING PROTECTION
นักศึกษา	นางสาวอมรรัตน์ รัตนพันธ์ รหัส 45035045
ที่ปรึกษา	ผศ.สมพล ดำรงเสถียร
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ภาควิชา	ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม

บทคัดย่อ

เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง "ระบบป้องกันฟ้าผ่า" ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้สร้างในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า
2. พหุรามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
3. ผลจากฟ้าผ่า
4. อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต
5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า
6. การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

การทดลองกระทำกับนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขา สถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 20 คน และนักศึกษาระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จำนวน 20 คน โดยให้นักศึกษาเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยทำแบบทดสอบทุกหน่วย หลังจากจบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว ให้ทำแบบทดสอบท้ายบทอีกครั้ง จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสรุปผล

ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง "ระบบป้องกันฟ้าผ่า" ตาม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดและ สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการปริญญาโทฉบับนี้ได้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความมานะพยายามและความกรุณาให้คำแนะนำ และคำปรึกษาจากผู้ทรงคุณวุฒิและอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท ทั้งที่ปรึกษาโครงการ และที่ปรึกษาร่วมโครงการผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะแนวทางต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา

ผศ. สมพล	ดำรงเสถียร	อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำปรึกษามาตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการ
ผศ.ดร. เลิศลักษณ์	กลิ่นหอม	ที่ชี้แนะแนวทางการดำเนินการวิจัยที่ถูกต้อง และแนะนำโปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าต่างๆ
ผศ. อรรถพร	ฤทธิเกิด	ช่วยให้คำปรึกษา ตรวจสอบด้านการผลิตสื่อ
อ. ไพฑูรย์	พิมพ์ดี	แนะนำทางด้านการประมวลผลข้อมูล
อ. เบญจวรรณ	อุบลศรี	ที่ช่วยแนะนำซอฟต์แวร์ต่างๆ ให้แก้ไขให้ดีขึ้น
อ. พัสตราภรณ์	มีศิริ	สำหรับกำลังใจและแรงบันดาลใจทุกสิ่งที่ทำให้มีวันนี้และวันข้างหน้า

และขอขอบพระคุณผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จคือคุณพ่อ คุณแม่ และคุณพี่ทุกคน ที่สนับสนุนปัจจัยในการศึกษาและเป็นกำลังใจตลอดมา และที่ลืมไม่ได้ก็คือเพื่อนทุกคนที่บ้านที่คอยช่วยเหลือทางด้านโปรแกรมต่างๆ

อมรรัตน์ รัตนพันธ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญแผนภูมิ	ฉ
สารบัญรูป	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	5
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย	6
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
1.7 วิธีดำเนินการวิจัย	7
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	10
2.2 การศึกษาประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	43
2.3 การศึกษาความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	45
2.4 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	52
2.5 การศึกษาการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	57
2.6 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	67
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	63
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	63
3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	75
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
4.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน	80
4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน	83
4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์กับบทเรียนปกติ	84
4.4 การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน	85
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 วัตถุประสงค์	87
5.2 สมมุติฐาน	87
5.3 วิธีดำเนินการ	88
5.4 สรุปผล	89
5.5 อภิปรายผล	89
5.6 ข้อเสนอแนะ	90
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	
ภาคผนวก ข แบบประเมินสื่อการสอน	
ภาคผนวก ค จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ภาคผนวก จ หนังสือราชการและขอความอนุเคราะห์	

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	แสดงการแบ่งหน่วยการสอนของเนื้อหาวิชา อุปกรณ์อาคาร 1	15
ตารางที่ 2.2	แสดงค่าระยะฟ้าผ่า	21
ตารางที่ 2.3	แสดงความต้านทานของร่างกาย	24
ตารางที่ 2.4	แสดงขนาดอย่างต่ำของแท่งตัวนำล่อฟ้า	30
ตารางที่ 2.5	แสดงจำนวนสายนำลงดินกับขนาดของพื้นที่	31
ตารางที่ 2.6	แสดงความต้านทานของดิน	33
ตารางที่ 2.7	แสดงขนาดอย่างต่ำของแท่งตัวนำฝังดิน	33
ตารางที่ 2.8	แสดงรายชื่อสถานศึกษา สังกัดกรมอาชีวศึกษา กองวิทยาลัยเทคนิค ที่เปิดการเรียน-การสอน ในสาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	43
ตารางที่ 3.1	แสดงการวัดระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จากการวิเคราะห์ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	68
ตารางที่ 3.2	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ คุณภาพสื่อด้านเนื้อหา	72
ตารางที่ 3.3	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ คุณภาพด้านเทคนิคการผลิตสื่อ	73
ตารางที่ 3.4	แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับ คุณภาพด้านแบบทดสอบ	74
ตารางที่ 4.1	แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน	82
ตารางที่ 4.2	แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน	82
ตารางที่ 4.3	แสดงค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	83
ตารางที่ 4.4	แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2	84
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	84
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	84
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	85
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม	85
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน จำนวน 40 คน	86

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า	67
แผนภูมิที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	70



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรูปร่างคลื่นแบบอิมพัลส์	20
รูปที่ 2.2 แสดงIsokeraunic map	21
รูปที่ 2.3 แสดงระยะฟ้าผ่าในเทอมของกระแส	22
รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดแรงดันสัมผัส	25
รูปที่ 2.5 แสดงการเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง	26
รูปที่ 2.6 แสดงแรงดันก้าว	26
รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบของสายล่อฟ้า	28
รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะของหัวเสาล่อฟ้าเป็นโลหะ หลากๆ แยก	28
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะ	28
รูปที่ 2.10 แสดงตัวนำล่อฟ้าแบบแนวราบ	29
รูปที่ 2.11 แสดงตัวนำล่อฟ้าแบบแท่ง	29
รูปที่ 2.12 แสดงการป้องกันอาคารเก็บสารอันตราย	30
รูปที่ 2.13 แสดงศักย์ไฟฟ้าสัมผัสและศักย์ไฟฟ้าระหว่างก้าว	32
รูปที่ 2.14 แสดงมุมป้องกันของตัวนำล่อฟ้าแบบแท่ง	34
รูปที่ 2.15 แสดงมุมป้องกันของตัวนำล่อฟ้าแบบแนวนอน	34
รูปที่ 2.16 แสดงวิธีRolling Sphere	35
รูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งสายล่อฟ้ากรณีสายล่อฟ้าเอียง	36
รูปที่ 2.18 แสดงการติดตั้งสายล่อฟ้าเพื่อป้องกันส่วนขายคาของหลังคาได้หรือไม่	37
รูปที่ 2.19 แสดงการติดตั้งเสาล่อฟ้าในกรณีหลังคาแบนราบ	37
รูปที่ 2.20 อัตราส่วนป้องกัน 1:1 หรือ 2:1 ตามความสูงของอาคาร	38
รูปที่ 2.21 ลักษณะการโค้งงอของสายนำลงดิน	39
รูปที่ 2.22 แสดงการจัดวางสายล่อฟ้าและจำนวนสายนำลงดินตามขนาดของ	39
รูปที่ 2.23 แสดงการใช้โครงเหล็กของอาคารเป็นสายนำลงดิน	40
รูปที่ 2.24 แสดงการฝังรากสายดิน	41
รูปที่ 2.25 แสดงลักษณะการต่อรากสายดิน	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีโทรคมนาคม เช่น ระบบโทรศัพท์ผ่านเคเบิลใยแก้ว (Fiber Optics) หรือผ่านดาวเทียม การสื่อสารทางโทรศัพท์ผ่านระบบสื่อสารดาวเทียม ระบบธนาคารอัตโนมัติ (On-line Banking) และอื่น ๆ ซึ่งการพัฒนาสิ่งต่างๆ เหล่านี้จำเป็นจะต้องพึ่งพาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร โดยมีการจัดการที่เป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ที่ไม่จำกัดอยู่เฉพาะในวงของธุรกิจ สังคมและการอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่สามารถประยุกต์ใช้กับงานต่างๆ ได้โดยไร้ขอบเขตขึ้นอยู่กับการสร้างสรรค์ขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางการศึกษา ซึ่งในปัจจุบันการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2545 หมวด ๔ แนวการจัดการศึกษามาตรา ๒๒ ได้กล่าวถึงการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนสามารถพัฒนา ตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการจัดการศึกษาต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยผู้เรียนจะต้องศึกษาด้วยตนเองตามความสนใจและความถนัดมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้โดยรู้จักคิด วิเคราะห์และมีวิจารณญาณในการเลือกสื่อที่มีคุณภาพได้ ที่สำคัญก็คือต้องคำนึงถึงสิทธิของผู้เรียนที่จะเรียนได้มากที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่ความสามารถของผู้เรียนจะอำนวยให้ ดังนั้น บทบาทของครูผู้สอนที่ทำหน้าที่สอนในห้องเรียนเหมือนในสมัยก่อนจะลดลงและเปลี่ยนแปลงไป แต่จะทำหน้าที่เป็นผู้ช่วยให้คำแนะนำและเป็นพี่ปรึกษาเสนอแนะช่วยเหลือแก้ปัญหาตลอดจน นำเสนอสื่อต่าง ๆ ให้กับผู้เรียน

คอมพิวเตอร์นับว่าเป็นนวัตกรรมอย่างหนึ่งซึ่งนำมาใช้ในวงการศึกษาสามารถใช้ได้ทั้งด้านการบริหารใช้ในด้านการเรียนการสอนที่เรียกว่า Computer Based Instruction : CBI คือ การใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์หลักในการสอนเพื่อให้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับโปรแกรม บทเรียน CBI แบ่งออกเป็นคอมพิวเตอร์จัดการสอน (CMI) และคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นสื่อการเรียนการสอนอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถอธิบายเนื้อหา แสดงภาพประกอบ แสดงการเคลื่อนไหวของภาพ ทำให้ผู้เรียนได้เข้าใจ และได้เห็น

ถึงส่วนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ นอกจากนั้นแล้ว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนยังสามารถที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่หวังกำไรได้ แต่สงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะให้ ผู้เรียน เรียนได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และให้ผลย้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพสามารถตอบสนอง ต่อผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้ผู้เรียน ได้ทราบผลการเรียนรู้ของตนเอง ประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เห็นได้ชัดเจนก็คือ สามารถช่วยเพิ่มแรง จูงใจให้แก่ผู้เรียนได้ โดยการออกแบบโปรแกรมให้มีภาพ เสียง และให้สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนได้อย่างรวดเร็ว

วิชา อุปรกรณ์อาคาร 1 ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2546 ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ถือว่าเป็นวิชาที่สำคัญวิชาหนึ่ง ในรายวิชา อุปรกรณ์อาคาร 1 รหัสวิชา 3108-2105 (2-0-2)

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ งานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าและระบบท่อภายในอาคาร

คำอธิบายรายวิชา ศึกษางานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าและระบบท่อภายในอาคาร (หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2546, กระทรวงศึกษาธิการ : หน้า 72-73) เนื้อหาจากการแบ่งหน่วยการเรียนการสอนในรายวิชา อุปรกรณ์อาคาร 1 เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " จัดว่าเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่น่าสนใจ ทั้งนี้จากการศึกษาของผู้ทำกรวิจัย เห็นว่าการสอนในรายวิชานี้ ผู้สอนจัดเป็นผู้ที่มีความรู้ มีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่สอน โดยการสอนจะใช้สื่อการสอน เช่น เอกสารจัดพิมพ์ แผ่นใส เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อหาและการยกตัวอย่างที่เป็นเนื้อหา จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถทำความเข้าใจและสร้างมโนภาพตามที่คุณสอนตั้งใจได้ จึงทำให้นักศึกษาไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาเรื่องนี้ได้ ถ้ามีบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " นักศึกษาก็จะสามารถเรียนเรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " ได้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามความสนใจและความสามารถของนักศึกษาแต่ละคนที่มีอยู่ ซึ่งนักศึกษาจะสามารถเข้าใจและเห็นภาพที่เป็นรูปธรรมมากขึ้น อันเป็นผลดีต่อการเรียนการสอนต่อไป

- การจัดการศึกษาตามเอกัตภาพ

การพัฒนากระบวนการเรียนการสอนให้เป็นเอกภาพตามระดับความสามารถของผู้เรียน เรียกว่า การศึกษาตามเอกัตภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.1 การศึกษาตามเอกัตภาพ มีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่

1.1.1.1 บทเรียนโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นบทเรียนที่จัดเป็นหน่วยๆ มีกระบวนการเรียนรู้ และวัดผลเบ็ดเสร็จ เมื่อผู้เรียนผ่านเกณฑ์ในหน่วยหนึ่งแล้ว จึงจะผ่านไปเรียนในหน่วยต่อไปได้ บทเรียนโปรแกรมนี สกินเนอร์ เป็นผู้คิดค้นขึ้น

1.1.1.2. บทเรียนโมดูล (Module Instruction) เป็นบทเรียนที่จัดเป็นชุด (Package) ซึ่งประกอบไปด้วย บทเรียน อุปกรณ์ และสื่อ เพื่อประกอบการเรียนรู้ครบวงจร อยู่ในชุดการเรียน ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และทดลอง หาประสบการณ์ได้ด้วยตนเอง

1.1.1.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI:Computer Assisted Instruction) พัฒนาจากบทเรียนโปรแกรมของ สกินเนอร์ ตามวิวัฒนาการทางเทคโนโลยี โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวนำเสนอบทเรียน

บทเรียนทั้งสามประเภทที่กล่าวมานั้น บทเรียน CAI มีประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้มีการพัฒนาความสามารถเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

1.1.2 ลักษณะของบทเรียน CAI

บทเรียน CAI เป็นบทเรียนที่ประยุกต์มาจากโปรแกรมของ สกินเนอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์นำเสนอบทเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นโมดูล 2 แบบ คือ

1.1.2.1 แบบเชิงเส้น (Linear Programming) เป็นบทเรียนที่ต้องเรียนทีละหน่วย ตามลำดับ จะข้ามไม่ได้

1.1.2.2 แบบสาขา (Branching Programming) เป็นบทเรียนที่ยังระหว่างหน่วยถึงกันได้ตามความต้องการ ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนหน่วยต่างๆ ที่จัดไว้ตามระดับความสามารถของ ตนเองได้

1.1.3 ประเภทของ CAI

บทเรียน CAI จำแนกได้ 7 ประเภท ดังนี้

1.1.3.1 แบบฝึกทักษะและแบบฝึกหัด (Drill and Practice)

1.1.3.2 แบบเจรจา (Dialogue)

1.1.3.3 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

1.1.3.4 แบบเกมส์การสอน (Games)

1.1.3.5 แบบแก้ปัญหาต่างๆ (Problem Solving)

1.1.3.6 การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ (Investigation)

1.1.3.7 แบบการทดสอบ (Testing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 คุณลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างบทเรียน CAI

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นำมาใช้สร้างบทเรียน CAI ประยุกต์มาจากโปรแกรมนำเสนอผลงาน (Presentation Software) ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1.1.4.1 โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพนิ่ง (Slide Presentation Software)

1.1.4.2 โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว (Animation Presentation Software)

1.1.4.3 โปรแกรมสื่อผสม (Multimedia or Interactive Video)

โปรแกรมภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรมสื่อผสม เป็นสื่อในการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ต้องมีโปรแกรม (Software) และอุปกรณ์ (Hardware) เพิ่มมากขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

1.1.5 การสร้างบทเรียน CAI ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1.1.5.1 สร้างภาพ (Graphic) ได้

1.1.5.2 สร้างอักษร (Text) ได้

1.1.5.3 นำเสนอบทเรียนแบบต่อเนื่องได้

1.1.5.4 ทำแบบทดสอบได้

1.1.5.5 ขั้นตอนของการออกแบบบทเรียน CAI

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปเป็นหลักในการออกแบบเรียน CAI เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด โดยกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne คือ

1. การได้รับความสนใจ (Gain Attention)
2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objective)
3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)
4. การเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)
5. ชี้แนวทางการเรียนรู้ (Guided Learning)
6. กระตุ้นการตอบสนอง (Elicit Responses)
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)
8. ทดสอบความรู้ (Assess Performance)
9. การจำและนำไปใช้ (Promote Retention and Transfer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) วิชา อุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) เรื่อง “ระบบป้องกันฟ้าผ่า” สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม หลักสูตรกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ระบบป้องกันฟ้าผ่า” ตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียน

1.2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ระบบป้องกันฟ้าผ่า”

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

1.3.2 หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.3 สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การวิจัยครั้งนี้ใช้เนื้อหาเรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งเป็นหน่วยในแผนการสอน รายวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม หลักสูตรกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ โดยเลือกรายการสอนเรื่อง “ระบบป้องกันฟ้าผ่า” ในหน่วยที่ 7 จากทั้งหมด 8 หน่วย ในรายวิชานี้

1.4.2 ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

1.4.3 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคดุสิต กรุงเทพฯ และ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยคือ

1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ วิธีการสอน โดยที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1.4.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า "

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1.5.1 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึงความแตกต่างทางด้านอายุ เพศ เศรษฐกิจ อารมณ์ สังคม รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน

1.5.2 ผู้เรียนนั้นไม่จำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " มาก่อนแล้ว

1.5.3 นักศึกษาที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ยังไม่เคยเรียนวิชานี้มาก่อน และต้องตั้งใจเรียน และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้วยความตั้งใจ เต็มความสามารถด้วยตนเอง

1.5.4 คะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จะชี้ให้เห็นถึงความสามารถทางการเรียนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า "

1.5.5 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเป็นแบบเพื่อสอน (Tutorial) โดยใช้โปรแกรม Marcomedia Authorware 6 บนเครื่อง IBM PC 486 หรือสูงกว่า มีหน่วยความจำตั้งแต่ 64 เมกะไบต์ขึ้นไป ซึ่งทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 98 Thai Second Edition , Microsoft Windows ME Thai

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-Assisted Instruction : CAI)

หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาเรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบ มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษาแต่ละคน โดยรูปแบบการดำเนินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นแบบเส้นตรงผู้เรียนสามารถเข้าสู่รายการเลือกได้ตลอดเวลา แสดงผลคะแนนได้ สามารถบันทึกชื่อ เลขที่ วัน เวลาที่ใช้ในการเรียน คะแนนแต่ละข้อของแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ รายงานผลได้ทั้งบนจอคอมพิวเตอร์และปริ้นเตอร์

แบบฝึกหัด หมายถึง เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดความก้าวหน้าทางการเรียน ในระหว่างที่ผู้เรียน เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า

แบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับประเมินผลนักเรียนก่อนและหลังเรียน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า เป็นแบบปรนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผ่านการหาคุณภาพของแบบทดสอบแล้ว โดยตัวเลือกจะถูกสุ่มด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง แบบประเมินที่ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของกลุ่มตัวอย่าง จากการทำแบบทดสอบ เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และจากการเรียนปกติโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคดุสิต กรุงเทพฯ และวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 80/80 หมายถึง เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน ซึ่ง

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มในแบบฝึกหัดระหว่างเรียน (E_1)

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด ที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน ได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มในแบบทดสอบหลังเรียน (E_2)

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ จึงกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1.7.1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของสื่อ

1.7.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) และสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องจากแหล่งต่างๆ

1.7.1.2 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหาวิชา เพื่อความสมบูรณ์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI)วางแผนการผลิตแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) โดยกำหนดขั้นตอนดังนี้

- กำหนดเนื้อหาและจัดประสบการณ์เป็นหมวดหมู่
- แบ่งเนื้อหารายวิชาออกเป็นหน่วยย่อย
- กำหนดหัวเรื่อง
- กำหนดมโนทัศน์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน
- กำหนดแบบการประเมินผล

1.7.1.3 สร้างแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้และจัดทำคู่มือการสอน

1.7.1.4 นำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน

- ทดลองแบบ 1:1 เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง
- ทดลองแบบกลุ่มเล็กเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน
- ทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง

1.7.2 ทดลองใช้สื่อ

1.7.2.1 หาประสิทธิภาพของแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์มาตรฐานและวิเคราะห์ผล

- Pre-test
- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)
- Past-test
- T-test

1.7.2.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1.7.2.3 นำเสนอผลงานการวิจัย

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 เป็นการเอานวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษามาใช้ ในการปรับปรุงระบบและวิธีสอน ให้บรรลุตามความมุ่งหมายของแผนการศึกษาแห่งชาติ

1.8.2 ผลของการวิจัย จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการ การเรียนการสอนทางด้านสถาปัตยกรรม ให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพเศรษฐกิจ สังคม ของประเทศ

1.8.3 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ที่สร้างขึ้น จะเป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนทางสาขาสถาปัตยกรรมและสาขาอื่นๆ ในโอกาสต่อไป

1.8.4 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ที่สร้างขึ้น จะ เป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้มองเห็นประโยชน์ และมีความสนใจที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ขึ้นเอง หรือนำเอาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ที่มีผู้สร้างขึ้นแล้วไปใช้ เพื่อให้การเรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

1.8.5 เป็นการรวบรวมเนื้อหาวิชาไว้เพื่อจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าทางด้านสถาปัตยกรรมในโอกาสต่อไป

1.8.6 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) เป็นการเสนอแนะวิธีการสอนอีกวิธีหนึ่งที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการสอนได้

1.8.7 เป็นการแนะแนวทางในการทำปริญญาโทอีกประเภทหนึ่งของภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม

1.8.8 เป็นการเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนทางด้านครุศาสตร์อุตสาหกรรม ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามรถก้าวทันวิทยาการใหม่ๆ ได้

1.8.9 จะได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) เรื่อง "ระบบป้องกันฟ้าผ่า" สำหรับการสอนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 ที่มีประสิทธิภาพ

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

การศึกษาครั้งนี้ได้นำหลักสูตรของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2546 ในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มาเป็นแนวทางการศึกษา

2.1.1 หลักการและจุดมุ่งหมายของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

2.1.1.1 หลักการ

- 1). เป็นหลักสูตรที่มุ่งผลิตและพัฒนาแรงงานระดับผู้ชำนาญการเฉพาะสาขาอาชีพ ตามความต้องการของตลาดแรงงาน ทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ
- 2). เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามความถนัด ความสามารถและความสนใจสามารถถ่ายโอนผลการเรียน เทียบความรู้และประสบการณ์จากแหล่งวิทยาการสถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ
- 3). เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษาจัดวิธีเรียน วิธีสอนที่หลากหลาย สอดคล้องตามความต้องการของผู้เรียนและท้องถิ่น
- 4). เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา ชุมชน ท้องถิ่น ทั้งในภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมพัฒนาหลักสูตรและจัดการศึกษา เพื่อให้ตรงตามความต้องการ สอดคล้องกับสภาพชุมชนและท้องถิ่นนั้นๆ

2.1.1.2 จุดมุ่งหมาย

- 1). เพื่อให้มีความรู้และทักษะในวิชาสามัญสำหรับเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิต การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมหรือศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น ทนต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านวิชาการและเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกิดขึ้น
- 2). เพื่อให้มีทักษะในงานอาชีพระดับผู้ชำนาญงานเฉพาะทาง สามารถนำไปใช้ ประกอบอาชีพและพัฒนางานอาชีพให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3). เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและความภาคภูมิใจในงานอาชีพ รักงาน รักหน่วยงานสามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี
- 4). เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีนิสัยใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีความคิดสร้างสรรค์ มีความสามารถในการจัดการการตัดสินใจและการแก้ปัญหา รู้จักแสวงหาแนวทางใหม่ๆ มาพัฒนาตนเอง พัฒนางาน
- 5). เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรม ชยัน ซื่อสัตย์ มีวินัย มีสุขภาพกายและใจที่สมบูรณ์แข็งแรง
- 6). เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่นและประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นคุณค่าของศิลปะและวัฒนธรรมไทย ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตระหนักในปัญหาและความสำคัญของสิ่งแวดล้อม
- 7). เพื่อให้เห็นคุณค่าและดำรงไว้ซึ่งสถาบันชาติ ศาสนา และพระมหากษัตริย์ ปฏิบัติตนในฐานะพลเมืองดีตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

2.1.2 จุดประสงค์ของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

ผู้สำเร็จการศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 ประเภทวิชา

อุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม สามารถปฏิบัติงานในระดับช่างเทคนิค ผู้ควบคุมงาน ผู้ช่วยวิศวกรหรือประกอบอาชีพส่วนตัว มีความรู้ ความสามารถ เจตคติ และประสบการณ์ ในด้านต่างๆ ดังนี้

2.1.2.1 จุดประสงค์ของหลักสูตร

- 1). เพื่อให้มีความรู้และทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับภาษา สังคม มนุษยศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ นำไปใช้ในการค้นคว้า พัฒนาตนเองและวิชาชีพสถาปัตยกรรม ให้เกิดความเจริญก้าวหน้า
- 2). เพื่อให้มีความรู้และทักษะในหลักการ และกระบวนการทำงานพื้นฐานของช่างเทคนิคที่เกี่ยวกับการบริหารจัดการและการวางแผนในงานอุตสาหกรรม และสามารถติดตามความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นำมาพัฒนางานอาชีพสถาปัตยกรรม ให้มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล
- 3). เพื่อให้มีความคิดวิเคราะห์แก้ปัญหาสร้างสรรค์และนำเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนางานสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4). เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ครอบครัวและสังคมมีคุณธรรม จริยธรรมและกอนิสัยที่ดีในงานอาชีพ
- 5). เพื่อให้สามารถประกอบอาชีพในสถานประกอบการอุตสาหกรรม หรือสร้างสรรค์หรือประกอบอาชีพอิสระในสาขาวิชาสถาปัตยกรรม

2.1.2.2 มาตรฐานวิชาชีพ

- 1). สื่อสารทางเทคนิคในงานอาชีพ
- 2). จัดการระบบฐานข้อมูลในงานอาชีพ
- 3). แก้ปัญหาโดยใช้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการแก้ปัญหา
- 4). จัดการ ควบคุม และพัฒนาคุณภาพงาน
- 5). แสดงบุคลิกภาพและคุณลักษณะของช่างเทคนิค
- 6). ออกแบบสถาปัตยกรรม
- 7). เขียนแบบอาคารเพื่อการก่อสร้าง
- 8). บริหารและควบคุมงานก่อสร้างอาคาร
- 9). ประมาณราคางานก่อสร้าง

2.1.3 รายวิชาสาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

โครงสร้างรายวิชาที่จะต้องศึกษาดตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ในสาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมมีดังนี้คือ

วิชาชีพพื้นฐาน

ให้เรียนรายวิชา ลำดับที่ 1-4 และเลือกเรียนรายวิชากลุ่มบริหารงานคุณภาพ 3000-0101X และกลุ่มวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ 3000-020X กลุ่มละ 1 รายวิชา

รหัส	รายวิชา	หน่วยกิต	(ชั่วโมง)
3100-0107	ความแข็งแรงของวัสดุ	3	(3)
3108-1001	การประมาณราคา	2	(2)
3108-1002	กฎหมายและสัญญา	2	(2)
3108-1003	สถาปัตยกรรมไทย 1	2	(4)
3000-010X	กลุ่มบริหารคุณภาพ	3	(3)
3000-020X	กลุ่มเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์	3	(4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิชาชีพสาขาวิชา

รหัส	รายวิชา	หน่วยกิต	(ชั่วโมง)
3108-2001	การออกแบบสถาปัตยกรรม 1	3	(6)
3108-2002	การออกแบบสถาปัตยกรรม 2	3	(6)
3108-2003	การออกแบบสถาปัตยกรรม 3	3	(6)
3108-2004	การออกแบบสถาปัตยกรรม 4	3	(6)
3108-2005	การเขียนแบบก่อสร้าง 1	3	(6)
3108-2006	การเขียนแบบก่อสร้าง 2	3	(6)
3108-2007	การเขียนแบบก่อสร้าง 3	3	(6)
3108-2008	ทฤษฎีโครงสร้าง	2	(2)
3108-2009	การออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก	2	(2)
3108-2010	การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	2	(2)
3108-2011	วัสดุและวิธีการก่อสร้าง 1	2	(2)
3108-2012	ประวัติศาสตร์สถาปัตยกรรม	2	(2)
3108-2013	สภาวะแวดล้อม 1	2	(2)
3108-2014	ผังเมือง	2	(2)
3108-2015	อุปกรณ์อาคาร	2	(2)

วิชาชีพสาขางาน

รหัส	รายวิชา	หน่วยกิต	(ชั่วโมง)
3108-2101	วัสดุและวิธีการก่อสร้าง 2	2	(2)
3108-2102	อุปกรณ์อาคาร 2	2	(2)
3108-2103	ปฏิบัติงานวิชาชีพสถาปัตยกรรม 1	5	(10)
3108-2104	ปฏิบัติงานวิชาชีพสถาปัตยกรรม 2	4	(8)
3108-2105	สถาปัตยกรรมไทย 2	2	(2)
3108-2106	สภาวะแวดล้อม 2	2	(2)
3108-2107	การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง	2	(2)
3108-2108	การออกแบบเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรม 1	2	(4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3108-2109	การออกแบบเขียนแบบสถาปัตยกรรมภายใน	2	(4)
3108-2110	การเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรมด้วยคอมพิวเตอร์	2	(4)
3108-2111	การถ่ายภาพ	2	(3)
3108-2112	การวิบัติของอาคาร	2	(2)
3108-2113	การสำรวจ	2	(4)
3108-2114	วัสดุและอุปกรณ์ตกแต่งภายใน	2	(2)
3108-2115	วัสดุและอุปกรณ์ตกแต่งสวน	2	(2)
3108-2116	การเสนอโครงการงานสถาปัตยกรรม	2	(2)
3108-2117	โครงการงานสถาปัตยกรรม	3	(*)
3108-2118	การออกแบบเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรม 2	2	(4)
3108-2119	การออกแบบเขียนแบบสถาปัตยกรรมภายใน 2	2	(4)
3108-2120	การเขียนแบบภูมิสถาปัตยกรรมด้วยคอมพิวเตอร์	2	(4)
3108-4001	ปฏิบัติงานเทคนิคสถาปัตยกรรม 1	4	(*)
3108-4002	ปฏิบัติงานเทคนิคสถาปัตยกรรม 2	4	(*)
3108-4003	ปฏิบัติงานเทคนิคสถาปัตยกรรม 3	4	(*)
3108-4004	ปฏิบัติงานเทคนิคสถาปัตยกรรม 4	4	(*)

(ที่มา : หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม กรมอาชีวศึกษา)

2.1.4 ลักษณะรายวิชาที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1.4.1 รหัสและชื่อวิชา 3108-2015 อุปกรณ์อาคาร 1
- 2.1.4.2 สภาพรายวิชา วิชาชีพเลือกในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
- 2.1.4.3 ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2
- 2.1.4.4 พื้นฐาน -
- 2.1.4.5 เวลาศึกษา 36 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ - คาบต่อสัปดาห์
- 2.1.4.6 จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.7 จุดประสงค์รายวิชา

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ งานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าและระบบท่อภายในอาคาร

2.1.4.8 คำอธิบายรายวิชา

ศึกษางานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าและระบบท่อภายในอาคาร

2.1.5 การกำหนดขอบเขตเนื้อหา

การศึกษาเนื้อหา รายวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า มีเนื้อหาแบ่งตามรายสัปดาห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งหน่วยการสอนของเนื้อหาวิชา อุปกรณ์อาคาร 1

สัปดาห์ที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนคาบ	
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ
1		อธิบายสังเขปรายวิชา	2	-
2	1	ระบบปรับอากาศภายในอาคาร	2	-
3	1	ระบบปรับอากาศภายในอาคาร	2	-
4	2	ระบบระบายอากาศ	2	-
5	3	ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง	2	-
6	3	ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง	2	-
7	4	ระบบขนส่งในอาคาร	2	-
8		สอบกลางภาค		
9	4	ระบบขนส่งในอาคาร	2	
10	4	ระบบขนส่งในอาคาร	2	-
11	5	ประตูเลื่อนอัตโนมัติ	2	-
12	5	ประตูเลื่อนอัตโนมัติ	2	-
13	6	ระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร	2	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนคาบ	
			ทฤษฎี	ปฏิบัติ
14	7	ระบบป้องกันฟ้าผ่าในอาคาร	2	-
15	7	ระบบป้องกันฟ้าผ่าในอาคาร	2	-
16	8	ระบบท่อภายในอาคาร	2	-
17	8	ระบบท่อภายในอาคาร	2	-
18		สอบปลายภาค		

2.1.6 การศึกษาเนื้อหารายวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ฟ้าผ่า เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ จะผ่าที่ไหน เมื่อไรไม่มีตารางเวลาบอกให้ทราบล่วงหน้าได้ เมื่อผ่าลงที่ไหนแล้วจะทำความเสียหายแก่สิ่งที่ถูกผ่า สิ่งก่อสร้างที่โล่งแจ้งหรืออาคารที่สูงเด่นกว่าสิ่งอื่นๆ เป็นในบริเวณใกล้เคียงเป็นเป้าหมายดีของการเกิดฟ้าผ่า เป็นอันตรายแก่คนและสัตว์ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง ถ้าหากไม่มีการป้องกันหรือการป้องกันไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าในด้านวิชาการทำให้เราสามารถเอาชนะหรือบังคับธรรมชาติบางอย่างได้ แต่การเกิดฟ้าผ่านั้นมนุษย์ยังห้ามไม่ได้ อย่างไรก็ตามก็ตีผลของการศึกษาธรรมชาติทำให้เราเข้าใจและสามารถหาวิธีป้องกันฟ้าผ่าได้ เช่น การใช้ระบบสายล่อฟ้าให้ฟ้าผ่าลงบนเสาหรือสายล่อฟ้า กระแสฟ้าผ่าจะวิ่งลงสู่พื้นดินตามสายนำลงดินกระจายหายไปอย่างรวดเร็ว โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ทรัพย์สินหรือเกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในบริเวณนั้น

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

ปรากฏการณ์ฟ้าผ่าคือการดิชาร์จทางไฟฟ้าระหว่างก้อนเมฆที่มีประจุกับพื้นโลก หรือระหว่างก้อนเมฆกับก้อนเมฆ การศึกษาถึงกระบวนการเกิดฟ้าผ่านั้นมีนักวิจัยหลายคนได้ศึกษาและอธิบายถึงกระบวนการเกิดฟ้าผ่าไว้ ซึ่งทฤษฎีที่ยอมรับกันในการอธิบายถึงการเกิดประจุจากก้อนเมฆลงสู่พื้นโลกคือ ทฤษฎีของ Simpson ที่ได้อธิบายถึงการเกิดประจุในก้อนเมฆ

1.1 การเกิดประจุในก้อนเมฆ

การเกิดประจุสะสมอยู่ในก้อนเมฆนั้น เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดฟ้าผ่าขึ้น ซึ่งการเกิดประจุสะสมในก้อนเมฆนั้นสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีของ Simpson ซึ่งในปัจจุบันปรากฏการณ์อันนี้ยังไม่สามารถหาข้อสรุปอันแน่นอนได้นอกจากอาศัยทฤษฎีที่ตั้งจากการศึกษาและวิจัยมา

โดยทั่วไปแล้วประจุที่สะสมในก้อนเมฆเกิดจากการเสียดสีระหว่างกระแสลมพายุกับละอองน้ำ และก้อนเมฆในบรรยากาศ การเสียดสีทำให้ละอองน้ำมีประจุเป็นลบและบรรยากาศเป็นประจุบวก กระแสลมพัดพาขึ้นสู่เบื้องบนของก้อนเมฆ ทำให้ส่วนบนของก้อนเมฆมีประจุเป็นบวกอยู่มาก ส่วนละอองน้ำที่มีประจุลบเมื่อถูกพัดพาขึ้นไปกระทบกับอากาศเย็นที่อยู่ข้างบน ก็จะกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็งตกลงมารวมกันด้านล่างทำให้ด้านล่างของก้อนเมฆมีประจุเป็นลบ

Simpson ได้อธิบายว่าในส่วนของก้อนเมฆที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (-1°C) จะกลายเป็นเกล็ดน้ำแข็ง และเมื่อโดนอากาศเกล็ดน้ำแข็งเกล็ดน้ำแข็งเหล่านี้จะเก็บประจุลบเอาไว้ ส่วนอากาศที่ลอยขึ้นไปจะมีประจุบวก ทำให้ประจุบวกและประจุลบแยกออกจากกันในบริเวณที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ส่วนบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็ง หยดน้ำที่มีรัศมีมากกว่า 2.5 มม. จะไม่เสถียรภาพ ดังนั้นก็จะแตกตัวออกเป็นหยดน้ำเล็กๆ และหยดน้ำเล็กๆ เหล่านี้มีประจุบวก และอากาศมีประจุลบ เนื่องจากความเร็วหยดน้ำที่ขนาด 0.25 มม. มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8 เมตร/วินาที ดังนั้นถ้าความเร็วลมมีค่ามากกว่า 8 เมตร/วินาที หยดน้ำก็จะไม่ตกลงมาบนพื้นโลก อากาศที่พัดเข้าไปในก้อนเมฆจากด้านล่างมีความเร็วมากกว่า 8 เมตร/วินาที ทำให้หยดน้ำขนาดใหญ่ที่อยู่ทางด้านล่างจะแตกตัวออกและมีประจุบวกเกิดขึ้น ส่วนประจุลบจะถูกพัดพาขึ้นทางด้านบน หยดน้ำเล็กๆ ที่มีประจุบวกถูกพัดพาขึ้นไปด้านบนและรวมตัวกันตกลงมาอีก เป็นแบบนี้เรื่อยๆ ไป ดังนั้นหยดน้ำจึงมีประจุบวกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และประจุลบที่ถูกพัดพาไปทั่วก้อนเมฆ

การถ่ายเทประจุไฟฟ้าปริมาณมหาศาลระหว่างก้อนเมฆกับพื้นดินที่เรียกว่าฟ้าผ่า กระบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. เริ่มก่อตัวของประจุไฟฟ้าทั้งประจุบวก (P) และประจุลบ (N) ภายในก้อนเมฆฟ้าผ่า
2. การถ่ายเทประจุบวกและลบภายในก้อนเมฆชั้นต่างๆ โดยชั้นที่ไม่เกิดความแปรปรวนจะแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก และชั้นที่อยู่ต่ำ เกิดความแปรปรวนจะแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นลบและเคลื่อนตัวต่ำลง ตามแรงดึงดูดของโลก
3. ที่ฐานก้อนเมฆแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเคลื่อน ตัวต่ำลงสู่พื้นดินที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกมากกว่า
4. เมื่อก้อนเมฆเคลื่อนตัวลงต่ำทำให้ความต่างศักย์ระหว่างก้อนเมฆ กับพื้นดินเพิ่มสูงขึ้น
5. เกิด step leader ขึ้น มีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ เคลื่อนที่ลงสู่พื้นดินที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เกิด upward streamers ขึ้น มีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเคลื่อนที่ เข้าหา step leader ที่มี ศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ
 7. step leader เคลื่อนที่ชนกับ upward streamers เกิด lightning channel current ขึ้นและ กระแสจะเริ่มไหล
 8. ประจุบวกที่พื้นดินซึ่งมีจำนวนมากเคลื่อนที่ขึ้นสู่ก้อนเมฆที่มีประจุ บวกน้อยกว่าเรียก กระบวนการนี้ว่า return stroke ซึ่งจะมี กระแสไหล
 9. ศักย์ไฟฟ้าบริเวณฐานก้อนเมฆพยายามถ่าย ประจุ เพื่อกลับสู่สภาวะสมดุลเรียก กระบวนการ นี้ว่า J & K phenomena
 10. ศักย์ไฟฟ้าลบที่อยู่สูงกว่า ส่งถ่ายประจุลบมายัง ฐานก้อนเมฆ ซึ่งแสดงศักย์ไฟฟ้าเป็นบวก มากกว่า เกิดเป็นลำแสงเรียกว่า Dart leader ถ้าการส่งถ่ายยังเหลือศักย์ไฟฟ้าลบอยู่บริเวณ ฐานก้อน เมฆมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับพื้นดินจะทำให้เกิด ฟิวส์ฟ้าได้
- จะพบว่าขั้นตอนที่ 8 จะมีกระแสฟ้าผ่าไหลสูงสุดซึ่งเหมาะสมที่จะวัดค่ากระแสและนำมา กำหนดค่าความต้านทาน ระหว่างแท่งกราวด์กับ remote earth เพื่อใช้ในการออกแบบระบบกราวด์ ของระบบล่อฟ้าต่อไป

1.2 กระบวนการเกิดฟ้าผ่า

เมื่อมีประจุสะสมในก้อนเมฆ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้นระหว่างกลุ่มประจุบวกและประจุลบ หรืออาจทำให้เกิดประจุเหนี่ยวนำกับพื้นโลก ความเครียดสนามไฟฟ้า (Electric field stress) มีมาก ขึ้น เมื่อค่าประจุสะสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อความเครียดสนามไฟฟ้ามีค่าสูงถึงจุดวิกฤตแล้ว จะเกิดการ เบรกดาวนขึ้นมาได้ ซึ่งภายในก้อนเมฆที่มีความดันบรรยากาศต่ำ ความเครียดสนามไฟฟ้าวิกฤตจะมี ค่าน้อยกว่าในอากาศมาก ประมาณ 10 KV/cm ก็อาจเกิดการดิสชาร์จได้แล้ว เมื่อเริ่มมีการ ดิสชาร์จเกิดขึ้นภายในก้อนเมฆแล้วการดิสชาร์จนี้จะขยายตัวออกไปในลักษณะที่เป็นช่วงก้าว (step) มีทิศทางแบบสุ่ม โดยมีลำประจุเป็นตัวขยายผลของการดิสชาร์จนี้ ซึ่งเรียกว่า ลีดเดอร์ (Leader) ลำ ประจุหรือลีดเดอร์ จะขยายตัวออกไปตามทิศทางที่เกิดการแตกตัวของอากาศ (Ionization) ได้ง่าย ซึ่งอาจจะวิ่งจากก้อนเมฆหนึ่งไปยังอีกก้อนเมฆหนึ่ง หรือจากก้อนเมฆลงสู่พื้นโลก ลีดเดอร์จะวิ่งเป็นช่วง ก้าว (step) แต่ละจังหวะก้าวมีความยาวตั้งแต่ 10 ถึง 150 เมตร โดยเฉลี่ยประมาณ 50 เมตร และ ความเร็วของลีดเดอร์ประมาณ 300 กม./นาที่ โดยมีจังหวะหยุด ก่อนที่จะวิ่งต่อไปเป็นเวลาประมาณ หลายสอบบไมโครวินาที

เมื่อลิตเตอร์วิ่งลงมายังพื้นโลก จะทำให้ความเครียดของสนามไฟฟ้าที่พื้นโลกมีค่าสูง ซึ่งจะเหนี่ยวนำให้เกิดสตรีมเมอร์ (Streamer) กับพื้นโลกหรือวัตถุที่อยู่บนพื้นโลก ซึ่งสตรีมเมอร์นี้จะมีประจุหัวตรงข้ามกับลำประจุหรือลิตเตอร์ เมื่อลิตเตอร์วิ่งมาบรรจบกับสตรีมเมอร์จะเกิดการเชื่อมถึงกันระหว่างก้อนเมฆกับพื้นโลกด้วยลำประจุที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วงที่เป็นเมตรถึงหลายสิบเมตร โดยมีแกนกลางเป็นพลาสมา (Ionization) ประจุในก้อนเมฆจะถ่ายเทสู่พื้นโลกตามแนวของลิตเตอร์ ซึ่งเกิดเป็นฟ้าผ่าลงมายังพื้นโลกและมีกระแสไฟฟ้าผ่ามีค่ามหาศาล

2. พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า

ในการเกิดฟ้าผ่ามีค่าพารามิเตอร์หลายค่าที่เกี่ยวข้องอยู่ในกระบวนการเกิดฟ้าผ่า การศึกษาถึงคุณลักษณะพารามิเตอร์เหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาและป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

2.1 กระแส

ขนาดกระแสฟ้าผ่า หมายถึง ค่ายอดของรูปคลื่นฟ้าผ่า จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงวกหรือลบ กระแสฟ้าผ่าช่วงบวกมีค่าสูงสุด 90 ka ช่วงวกมีค่าสูงสุดถึง 270 ka ความต่างศักย์จะมีค่า 6×10 Volt กระแสฟ้าผ่า เป็นค่าที่จำเป็นจะต้องรู้ในการออกแบบระบบป้องกันและฉนวนของระบบ กระแสฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นไม่ขึ้นกับความต้านทานทางพื้นดินนัก ความต้านทานระหว่างเส้นทางฟ้าผ่าลงมาถึงดิน มีค่าประมาณ 200 – 300 โอห์ม (ถ้ามีการต่อลงดิน) กระแสที่เกิดขึ้นจากฟ้าผ่ามีขนาดที่อันตรายมากที่ค่ายอดจาก 2 – 200 KA ค่า rise time จาก 1-10 μ s และค่า duration time 100-1000 μ s

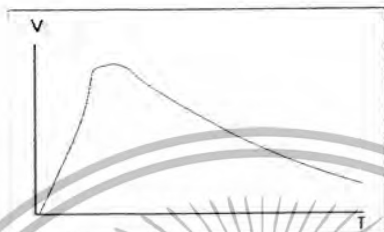
2.2 ศักดาไฟฟ้า

ศักดาไฟฟ้าของฟ้าผ่ามีค่าที่สูงมาก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 5-50 ล้านโวลต์ ซึ่งเป็นขนาดที่เป็นอันตราย สามารถสร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก

2.3 รูปร่างของคลื่น

รูปคลื่นฟ้าผ่ากำหนดด้วยเวลาช่วงหน้าคลื่น (wavefront time) และเวลาช่วงหางคลื่น (wave tail time) เวลาช่วงหน้าคลื่นหมายถึงเวลาที่กระแสเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนถึงค่ายอดของคลื่น และเวลาช่วงหางคลื่นหมายถึงเวลาตั้งแต่ เริ่มต้นคลื่นถึงค่าการลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด ลักษณะสำคัญประการหนึ่งของรูปคลื่นฟ้าผ่าก็คือ ความชัน (steepness) ซึ่งหมายถึงอัตราการเพิ่มของกระแสช่วงหน้าคลื่นเป็น ka/usec ยังมีผลทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำ ในสายตัวนำที่มีค่าอินดักแตนซ์ซึ่งจะต้องคำนึงถึงในการออกแบบระบบสายล่อฟ้า จากการบันทึกรูปคลื่นฟ้าผ่าพบว่า เวลาช่วงหน้าคลื่น

และหางคลื่นมีค่าต่างๆกันและขึ้นอยู่กับช่วงของกระแสฟ้าผ่าบวกหรือลบด้วย ฟ้าผ่าลบเวลาช่วงหน้าคลื่นประมาณ 1 ถึง 18 usec เวลาช่วงหางคลื่นประมาณ 5 ถึง 120 usec ฟ้าผ่าบวกเวลาช่วงหน้าคลื่นประมาณ 3.5 ถึง 200 usec เวลาช่วงหางคลื่นประมาณ 25 ถึง 2000 usec



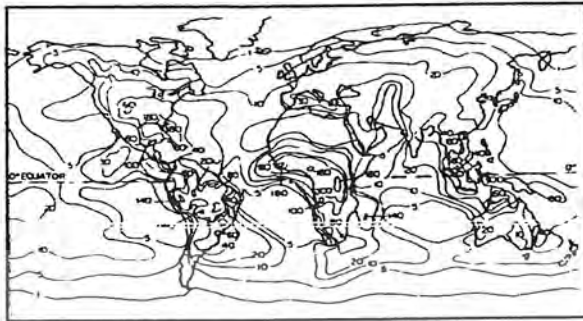
รูปที่ 2.1 รูปร่างคลื่นแบบอิมพัลส์

2.4 ขั้วและประจุ (Polarity of lightning current)

จากการวัดขั้ว stroke ของฟ้าผ่าที่เกิดขึ้น เป็นจำนวนพันๆ ครั้งพบว่าประมาณ 90 % ทั้งหมดมี stroke เป็นขั้วลบ ซึ่งหมายถึงประจุที่อยู่ทางด้านล่างของก้อนเมฆโดยทั่วๆ ไปเป็นประจุลบ และเหนี่ยวนำให้เกิดประจุบวกขึ้นบนพื้นดิน ประจุของ stroke มีค่าอยู่ช่วง 2 – 200 คูลอมป์ โดยเฉลี่ยมีค่าอยู่ประมาณ 20 คูลอมป์กระแสฟ้าผ่าเป็นกระแสที่ไหลทางเดียว (unidirection) อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ ฉะนั้นขั้วบวกหรือลบจึงเป็นลักษณะสมบัติอย่างหนึ่งของฟ้าผ่า กระแสฟ้าผ่าบวกหมายถึง ถ้าฟ้าผ่านำเอาประจุบวกจากก้อนเมฆดีสชาร์จลงสู่พื้นโลก กระแสฟ้าผ่าลบหมายถึง ถ้าฟ้าผ่านำเอาประจุลบจากก้อนเมฆดีสชาร์จลงสู่พื้นโลก จากการบันทึกรวบรวมข้อมูลฟ้าผ่าจะพบว่าประมาณร้อยละ 80 ของฟ้าผ่าสู่พื้นโลกเป็นฟ้าผ่าลบ

2.5 ความถี่ในการเกิด

การศึกษาความถี่ของการเกิดฟ้าผ่านั้น ทำให้ทราบว่าบริเวณใดที่เกิดฟ้าผ่ามาก เพื่อการป้องกันให้มากขึ้น จำนวนของ stroke ที่เกิดขึ้นบนสายส่งโดยทั่วไปแล้ว มีจำนวนมากขึ้นเมื่อสายส่งมีความสูงเพิ่มขึ้น จำนวนฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นจริงนั้นวัดได้ยากมาก ดังนั้นการศึกษาความถี่ของการเกิดฟ้าผ่าก็อาจใช้การพิจารณาได้จากจำนวนวันที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง (Thunderday) ในปีหนึ่ง แม่วิธีนี้จะไม่บอกถึงจำนวนฟ้าผ่าที่เกิดขึ้นจริงแต่ก็เป็นวิธีที่ทำได้ไม่ยากนัก แผนที่ที่แสดงปริมาณวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองในหนึ่งปีเรียกว่า Isokeraunic map



รูปที่ 2.2 Isokeraunic map

2.6 ระยะฟ้าผ่า (Striking distance)

พารามิเตอร์สำคัญอีกค่าหนึ่งในระบบการเกิดฟ้าผ่าลงสู่พื้นโลกคือ ระยะฟ้าผ่า (Striking distance) ซึ่งเป็นค่าที่สำคัญค่าหนึ่งในการจัดระบบป้องกันฟ้าผ่า

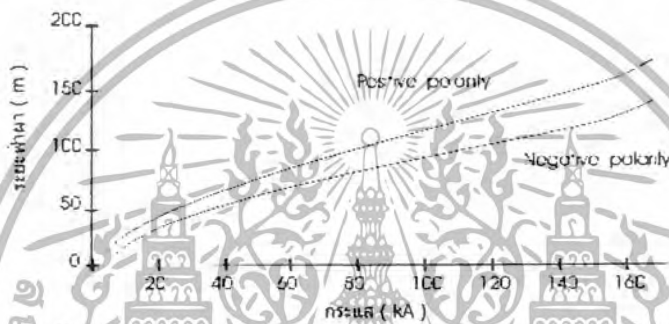
เมื่อก่อนเมฆมีประจุสะสมอยู่มากๆ จนเกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสูงถึงค่าหนึ่ง ก็จะสร้างลำประจุหรือลีดเดอร์วิ่งลงมา ในขณะที่ลีดเดอร์วิ่งลงมาจากก้อนเมฆ จะเกิดความเหนี่ยวนำประจุกับพื้นโลกหรือวัตถุบนพื้นโลก จึงจะมีการสร้างสตริมเมอร์ขึ้นมาเพื่อเพื่อรับกับลีดเดอร์ที่วิ่งลงมา เมื่อมาถึงระยะหนึ่งอากาศช่วงระหว่างลีดเดอร์กับบริเวณที่จะเกิดฟ้าผ่าจะกลายเป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายเทประจุลงสู่พื้นโลก หรือเกิดฟ้าผ่าลงบนบริเวณนั้น ซึ่งระยะนี้เรียกว่า (Striking distance)

ค่าระยะฟ้าผ่านี้จะขึ้นอยู่กับประจุของก้อนเมฆหรือขึ้นกับกระแสฟ้าผ่านั่นเอง ถ้ากระแสฟ้าผ่ามีค่าสูง ค่าระยะฟ้าผ่าก็มาก ถ้าค่ากระแสฟ้าผ้าน้อยระยะฟ้าผ่าก็น้อย

ตารางที่ 2.2 ค่าระยะฟ้าผ่า

กระแสฟ้าผ่า (KA)	ระยะฟ้าผ่า (เมตร)
3	16
10	40
30	101
100	266
150	368
200	460

ระยะฟ้าผ่าเป็นระยะสุดท้ายของลีดเดอร์ที่จะวิ่งเข้าหาวัตถุที่อยู่ใกล้ที่สุด จากการบันทึกภาพของฟ้าผ่าทางธรรมชาติเป็นจำนวนมาก พบว่าระยะฟ้าผ่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 10 ถึง 150 เมตร โดยเฉลี่ยประมาณ 40 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของประจุในลีดเดอร์นั้น หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ระยะฟ้าผ่าขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสฟ้าผ่านั่นเอง ถ้าประจุหรือกระแสมากระยะฟ้าผ่าก็จะไกลมากขึ้น ประจุหรือกระแสน้อยระยะฟ้าผ่าก็สั้น Golde ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะฟ้าผ่าอยู่ในฟังก์ชันของกระแสฟ้าผ่า ดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงระยะฟ้าผ่าในเทอมของกระแส

3. ผลจากฟ้าผ่า

จุดประสงค์ของการป้องกันฟ้าผ่า คือ การป้องกันอันตรายให้กับชีวิตมนุษย์ ทรัพย์สิน และความเสียหายต่างๆ ที่เกิดจากฟ้าผ่า ผลของการเกิดฟ้าผ่ามีดังนี้

3.1 ผลทางด้านความร้อน

ในขณะที่เกิดฟ้าผ่าฟ้าผ่า จะสังเกตเห็นว่ามีลำแสงวิ่งจากก้อนเมฆลงสู่พื้นดิน หรือจากพื้นโลกวิ่งขึ้นสู่ก้อนเมฆ ซึ่งเรียกว่า ลำฟ้าผ่า เป็นลำแคบๆ หุ้มด้วยหมอกโคโรนา เส้นผ่านศูนย์กลางลำฟ้าผ่าประมาณ 1-2 เซนติเมตร และมีอุณหภูมิร้อนถึง 30000 °k เพราะความร้อนอันมหาศาลเช่นนี้ย่อมทำให้เกิดไฟหรือเพลิงไหม้แก่วัสดุที่ติดไฟได้ ถึงแม้ว่าระยะเวลาของการไหลของกระแสจะสั้นมากก็ตาม ฉะนั้นการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าจึงต้องคำนึงถึงผลของความร้อนที่เกิดจากฟ้าผ่า สิ่งที่ต้องระมัดระวังก็คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำที่มีความต้านทานตรงรอยต่อสูง หากการสัมผัสทางไฟฟ้าไม่ดีพอ อาจทำให้เกิดการสปาร์ค

เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลลึกลงไปในเนื้อแผ่นเหล็กบางๆ ที่มักจะใช้มุงหลังคาของอาคารเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลลงสัมผัสกับผิวโลหะบาง พลังงานความร้อน ณ จุดที่ผ้านั้นจะสูงมากพอที่จะทำให้

แผ่นเหล็กนั้นละลายได้ หากบังเอิญแผ่นโลหะเป็นฝาของน้ำมันเชื้อเพลิง ก็ย่อมจะระเบิดหรือเกิดเพลิงไหม้ขึ้นได้ ในกรณีที่ฟ้าผ่าลงบนวัสดุฉนวนไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าก็จะวิ่งไปตามแนวที่มีความต้านทานน้อยที่สุด ถ้ามีความชื้นอยู่ในอากาศน้ำหรือความชื้นนั้นจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำเกิดความดัน อาจทำให้ระเบิดได้

3.2 ผลทางด้านแรง

ผลของฟ้าผ่าทำให้เกิดแรงกระเบิดเป็นสองแบบคือ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำแล้วจะทำให้เกิดแรงบิดขึ้นแก่ตัวนำนั้น อีกแบบหนึ่งก็คือเกิดคลื่นช็อคในขณะที่ลำฟ้าผ่าผ่านไป แบบแรกเกิดแรงดึงดูดกันระหว่างตัวนำสองสายที่วางขนานกันเมื่อมีกระแสไหลทางเดียวกัน แต่จะผลักกันเมื่อกระแสไหลสวนทางกัน ซึ่งแรงดูดหรือแรงผลักนี้เป็นปรากฏการณ์โดยตรงกับกระแสกำลังสอง แต่เป็นปรากฏการณ์กลับกันกับระยะห่างของสายนำทั้งสอง ส่วนในแบบหลังนั้นเป็นแรงระเบิด เนื่องจากลำฟ้าผ่ามีอุณหภูมิสูงมากอาจถึง 30000 °k หรือมากกว่าที่อาจทำให้อากาศรอบๆ ลำฟ้าพ่านั้นขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดคลื่นความดันในย่านความเร็วเหนือเสียงแผ่กระจายออกไปรอบลำฟ้าผ่าเกิดเสียงดังสนั่นลั่นโหว ซึ่งเราเรียกกันว่าฟ้าผ่าหรือได้ยินเสียงมาแต่ไกลเรียกว่าฟ้าร้องนั่นเอง

3.3 ผลทางด้านไฟฟ้า

จากฟ้าผ่าประการที่สามคือผลทางไฟฟ้านั้น นอกจากจะทำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระจายออกไปรอบๆ แล้ว ยังทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าอันเนื่องมาจากความเหนี่ยวนำของสายตัวนำ และเนื่องจากความต้านทานของดินที่กระแสฟ้าผ่าวิ่งผ่าน ศักย์ไฟฟ้านี้อาจสูงมากพอที่จะทำให้เกิดการสปาร์คด้านข้างได้(side flash) ถ้าหากความต้านทานของรากสายดินหรือค่าความเหนี่ยวนำมีค่าสูง และมีส่วนที่เป็นโลหะอยู่ใกล้กับสายต่อลงดินหรือระบบป้องกันฟ้าผ่า การเกิดการสปาร์คอาจเป็นต้นเหตุให้เพลิงไหม้ได้ถ้ามีสิ่งมีชีวิตหรือเชื้อเพลิงอยู่ในบริเวณนั้น

อันตรายทางไฟฟ้าที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอีกประการหนึ่งก็คือศักย์ไฟฟ้าสัมผัส (touch potential) และศักย์ไฟฟ้าช่วงก้าว (step potential) เมื่อมีกระแสฟ้าผ่าลงสู่พื้นดินที่มีความต้านทานสูง อันตรายดังกล่าวอาจป้องกันหรือลดให้น้อยลงได้โดยใช้สายดินที่ถูกต้องซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในตอนต่อไป

4. อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต

ร่างกายของคนมีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยทั่วไปกระแสไฟฟ้า 1 มิลลิแอมป์ ก็สามารถทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อได้ ร่างกายของคนมีความต้านทานแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับสภาพผิวและบริเวณที่สัมผัสกับแรงดันไฟฟ้า Freiberg (พ.ศ. 2477) ได้ทำการศึกษาวิจัยที่แผนกเก็บศพเรียกว่าการป้อนแรงดันกระแสสลับขนาดต่างกัน ทำให้ความต้านทานของร่างกายมีค่าต่างกัน ความต้านทานจากมือข้างหนึ่งถึงมือข้างหนึ่งมีค่าดังในตาราง

ตารางที่ 2.3 ความต้านทานของร่างกาย

แรงดัน AC (volt)	ความต้านทานของร่างกาย (โอห์ม)	
	ช่วงที่วัดได้	ค่าเฉลี่ย
350	945 - 2100	1500
500	700 - 1300	1200

นอกจากนี้ ยังได้พบว่าความต้านทานจะลดลงไป 25% หลังจากที่มีแรงดันผ่านไป 3 วินาที ดังนั้นที่แรงดันไม่เกิน 500 โวลท์ จึงกำหนดให้ค่าความต้านทานเฉลี่ยของร่างกายประมาณ 900 โอห์ม ทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านร่างกายจากช่วงมือถึงขาไว้สูงถึง 245 มิลลิแอมป์ ที่แรงดัน 220 โวลท์ สำหรับแรงดันฟ้าผ่านิยมใช้ความต้านทานของร่างกายประมาณ 1000 โอห์ม

ร่างกายได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้าโดยมีอาการที่เกิดขึ้นโดยทันที 3 อย่างคือ

- การทำงานผิดปกติของกล้ามเนื้อหัวใจ
- การหยุดหายใจ
- การไหม้บริเวณที่มีกระแสไหลผ่านสูง

ฟ้าผ่าโดยทั่วไปมีแรงดันสูงถึง 10 โวลท์ และมีประจุไฟฟ้ามากถึง 20 คูลอมป์ ทำให้สามารถถ่ายเทพลังงานลงสู่ดินได้ถึง 20×10^7 วัตต์/วินาที หรือ 55 กิโลวัตต์/ชั่วโมง พลังงานนี้มีบางส่วนจำนวนน้อยใช้ไปในการทำให้อากาศสูญเสียสภาพฉนวน ทำให้เกิดความร้อนที่วัตถุที่ถูกผ่า ฟ้าผ่าเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต อาจจำแนกออกตามลักษณะการถูกฟ้าผ่าได้ 4 ลักษณะ คือ

4.1 การถูกฟ้าผ่าโดยตรง (Direct strike)

การถูกฟ้าผ่าโดยตรงเป็นอันตรายอย่างมาก ถ้าร่างกายมีความต้านทาน 1000 โอห์ม และกระแสฟ้าผ่ามีค่าประมาณ 1000 แอมแปร์ แรงดันคร่อมคนที่ถูกผ่าตรงศีรษะจึงมีค่าประมาณ 1000

กิโลโวลท์ และทำให้เกิดการวาบไฟตามผิวหรือการอาร์กในอากาศที่จะทำให้แรงดันตกคร่อมคนลดลง เช่น ความยาวของการอาร์กประมาณ 2 เมตร จะมีแรงดันคร่อมคนประมาณ 4 กิโลโวลท์ หรือ 20 โวลท์ต่อชั่วโมง ถ้าร่างกายยังมีความต้านทานเท่าเดิม กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านร่างกายลดลงเป็น 4 แอมป์ ก็อาจทำให้คนที่ถูกฟ้าผ่าไม่เป็นอันตรายถึงชีวิตได้

4.2 การเกิดแรงดันสัมผัส (Contact voltage)

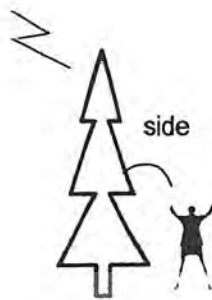
ในกรณีที่คนสัมผัสกับวัตถุที่ถูกฟ้าผ่า จะทำให้เกิดแรงดันสัมผัส (Contact voltage) ได้ เช่น คนที่ยืนพิงต้นไม้ที่ถูกฟ้าผ่า คนที่สัมผัสกับท่อประปาขณะที่เกิดฟ้าผ่าและมีกระแสไหลผ่านท่อประปา ลงสู่ดิน ถ้าแรงดันไฟฟ้ามีค่าสูงจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายลงสู่ดิน



รูปที่ 2.4 การเกิดแรงดันสัมผัส

4.3 การเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง (Side flash)

ในกรณีที่มีคนยืนอยู่ใกล้กับวัตถุที่ถูกฟ้าผ่าจะเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง (Side flash) ขึ้นได้ เช่น คนที่ยืนอยู่ใกล้ต้นไม้ที่ถูกฟ้าผ่า เนื่องจากต้นไม้มีความต้านทานสูง อาจเป็นกิโลโห์ม ในขณะที่เกิดฟ้าผ่าลงที่ต้นไม้ คนที่ยืนอยู่ใกล้ยังคงมีแรงดันเป็นศูนย์เท่ากับพื้นดิน ดังนั้นที่จุดระหว่างศีรษะกับต้นไม้จะมีแรงดันเนื่องจากฟ้าผ่า ซึ่งอาจมีขนาดสูงพอที่จะทำให้อากาศสูญเสียสภาพฉนวน และเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้างไปยังศีรษะ จึงมีกระแสไหลผ่านร่างกายลงสู่ดิน

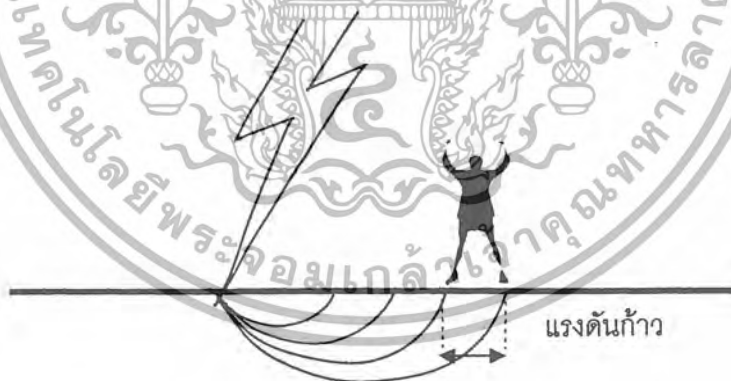


รูปที่ 2.5 การเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง

4.4 การเกิดแรงดันก้าว (Step voltage)

การเกิดฟ้าผ่าลงสู่ดิน จะมีการไหลของกระแสลงสู่ดิน การกระจายของกระแสในดินทำให้เกิดความต่างศักย์ภายในดินและผิวดินรอบๆ ตำแหน่งที่เกิดฟ้าผ่า แรงดันระหว่างช่วงเท้าหน้าและช่วงเท้าหลังจะมีความต่างศักย์เกิดขึ้นเรียกว่าแรงดันก้าว (Step voltage)

แรงดันก้าวอาจทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขาทั้งสองข้างและส่วนอื่นของร่างกาย ถ้าคนยืนให้เท้าอยู่ชิดกันก็จะมีแรงดันก้าวต่ำลงและไม่เป็นอันตราย



รูปที่ 2.6 แรงดันก้าว

5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า

การป้องกันฟ้าผ่ามีหลักการเริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1760 เมื่อเบนจามิน แฟรงคลิน (Benjamin Franklin) ได้พบว่ามี การถ่ายเทประจุมหาศาลจากท้องฟ้าลงสู่พื้นโลก ดังนั้นจึงคิดประดิษฐ์ตัวนำล่อฟ้าขึ้นมาจากแนวความคิดที่ว่า ฟ้าจะผ่าบริเวณหรือจุดที่อยู่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า โดยใช้ตัวนำล่อฟ้าติดบนวัตถุหรือสิ่งที่ป้องกัน เพื่อให้ฟ้าผ่าที่แทงตัวนำนั้นแทน แทนตัวนำล่อฟ้านี้ นิยมเรียกกันว่า Franklin Rod ตามชื่อผู้ที่คิดค้น การป้องกันฟ้าผ่าโดยใช้หลักการของ Franklin Rod นั้นเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันมากจนถึงปัจจุบันนี้ แต่มีการพัฒนารูปแบบตัวนำล่อฟ้าให้มี ประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากตัวนำล่อฟ้าแบบ Franklin Rod นั้นเป็นตัวนำปลายแหลม ซึ่งเป็นผล ทำให้การสร้างสตรึมเมอร์ของตัวนำอาจเกิดขึ้นได้ยากกว่าบริเวณรอบข้าง ซึ่งจะเป็นผลให้ฟ้าผ่าลง บริเวณรอบข้างได้ ดังนั้นการพัฒนาตัวนำล่อฟ้าในปัจจุบันนี้จึงพยายามให้ตัวนำล่อฟ้าที่ใช้มีศักยภาพ ในการสร้างสตรึมเมอร์เท่ากับวัตถุอื่นที่อยู่รอบหรือดีกว่า อาจกล่าวได้ว่าตัวนำล่อฟ้าไม่ควรจะมีประจุ โดโรนาที่ความเครียดไฟฟ้าสูง

ในปี ค.ศ. 1876 เคลิก แมกเวลล์ (Clerk Maxwell) ได้เสนอแนวคิดของกรงฟาราเดย์ (Faraday Cage) ในการป้องกันฟ้าผ่า กรงฟาราเดย์คือกรงโลหะที่ล้อมรอบสิ่งที่ต้องการป้องกันอยู่ให้ ปลอดภัยจากอันตรายของฟ้าผ่า กรงฟาราเดย์นี้ถ้ามีการออกแบบให้ถูกต้องแล้ว นอกจากจะป้องกัน ผลจากฟ้าผ่าโดยตรงแล้ว ยังช่วยป้องกันผลจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากฟ้าผ่าได้อีกด้วย ซึ่งใน บริเวณที่มีความสำคัญเช่น ห้องควบคุมการบิน จำเป็นต้องใช้กรงฟาราเดย์ในการป้องกันอันตราย

5.1 การพิจารณาออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า

ในการพิจารณาดังกล่าวออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า นั้น สิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือ ความ จำเป็นที่จะต้องมีการป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งแต่ละสถานที่มีความจำเป็นในการป้องกันไม่เท่ากัน ซึ่งใน มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าในต่างประเทศ เช่น ในมาตรฐานของออสเตรเลีย จะมีการกำหนดคำนวณ ค่าความเสี่ยงและชนิดของสถานที่เพื่อกำหนดการป้องกันไว้ มาตรฐานของเยอรมันจะกำหนดชนิด ของอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่ต้องมีการป้องกันไว้

การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบตัวนำล่อฟ้า นั้นจะต้องพิจารณาแต่ละส่วนของระบบ ป้องกันซึ่งระบบตัวนำล่อฟ้าประกอบด้วย

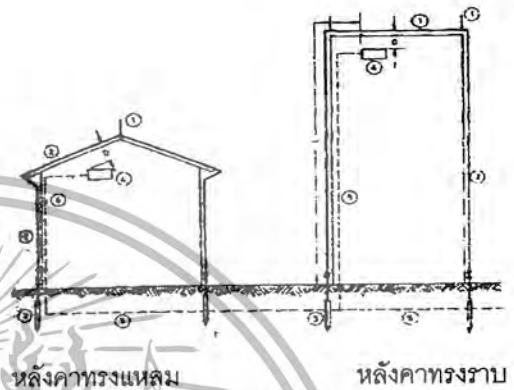
5.1.1 ตัวนำล่อฟ้า

อาจเป็นสายโลหะ หรือสายตัวนำยึดไว้บนยอดสูงสุดของสิ่งก่อสร้างหรืออาคารหรือสิ่ง ที่ต้องการป้องกันสายอากาศล่อฟ้านี้มักนิยมทำปลายให้แหลม เพื่อให้ความเครียดของสนามไฟฟ้า (Electric field stress) ณ. จุดนั้นมีค่าสูงกว่าที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง ทำหน้าที่ล่อฟ้าผ่าลงมาที่ สายอากาศล่อฟ้า นั้นถ้าหากจะเกิดฟ้าผ่าขึ้นในย่านนั้น ตำแหน่งที่ติดเสาหรือสายอากาศล่อฟ้าขึ้นอยู่

กับลักษณะสิ่งก่อสร้างส่วนบนสุด เช่น หลังคาทรงแหลม หรือหลังคาทรงแบนราบ มีปล่องไฟหรือ
โครงสร้างอื่นๆ

ส่วนประกอบของระบบป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

1. เสาหรือสายอากาศล่อฟ้า
2. สายนำลงดิน
3. รากสายดิน
4. ดั้งโลหะ
5. ท่อโลหะ
6. ต่อท่อโลหะในอาคาร เข้ากับระบบป้องกัน



รูปที่ 2.7 แสดงส่วนประกอบของสายล่อฟ้า

ปกติเสาล่อฟ้าจะมีส่วนปลายแหลมตั้งรูปหรือในกรณีที่เสาล่อฟ้ามีความสูงมากอาจจะ
สามารถสวมตรงส่วนปลายของเสาล่อฟ้านี้ด้วยโลหะที่มีปลายแหลมเป็นแฉกๆ แยกออกไปซึ่งจะเป็น
การเพิ่มการแตกตัวของอากาศได้ในบริเวณรอบปลายแหลมที่มีหลายๆ อันดังรูป



รูปที่ 2.8 ลักษณะของหัวเสาล่อฟ้าเป็น
โลหะ หลายๆ แฉก

รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะ

ตัวนำล่อฟ้านี้อาจประกอบด้วยแท่งตัวนำในแนวตั้ง (Vertical Rod) หรือตัวนำในแนวราบ (Horizontal conductor) หรืออาจใช้ทั้ง 2 อย่างทำงานร่วมกัน หน้าที่ของส่วนนี้คือ เป็นตัวล่อประจุจากก้อนเมฆให้มาลงที่ตัวมันแทนบริเวณที่ป้องกันไว้ ถ้าฟ้าผ่าที่ผ่าลงตัวนำล่อฟ้าจะก่อให้เกิดความร้อนสูงมากบริเวณที่จุดสัมผัส ซึ่งเป็นการอาร์คทางไฟฟ้า การอาร์คนี้มีศักดาไฟฟ้าตกคร่อมประมาณ 10 – 20 volt ที่ผิวของตัวนำซึ่งค่าของศักดาไฟฟ้าขึ้นกับกระแสฟ้าผ่า



รูปที่ 2.10 ตัวนำล่อฟ้าแบบแนวราบ



รูปที่ 2.11 ตัวนำล่อฟ้าแบบแท่ง

เสาล่อฟ้าที่ได้รับความนิยมมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดคือ ทองแดง อลูมิเนียม เหล็กชุบสังกะสี โดยที่ทองแดงจะมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ แต่ไม่สามารถทนสภาพการกัดกร่อนในสภาพที่เป็นกรดและด่างได้ ส่วนอลูมิเนียมมีความต้านทานสูงกว่าทองแดงและมีราคาถูกกว่าทองแดง แต่จะใช้ได้เฉพาะในส่วนที่อยู่ในอากาศเท่านั้น ไม่สามารถใช้ในดินได้และมีข้อจำกัดในการใช้งานหลายประการ เช่น ไม่สามารถใช้ในดินและหลังคาที่ปูด้วยทองแดง และนอกจากนี้ยังจะต้องมีตัวต่อที่จะเปลี่ยนจากโลหะอลูมิเนียมไปเป็นโลหะทองแดงสำหรับต่อสายตัวนำลงดิน ส่วนเหล็กชุบสังกะสีสามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่มีความต้านทานจำเพาะสูงกว่าทองแดง ส่วนใหญ่แล้วจะพบเสา ล่อฟ้าที่ทำด้วยทองแดงมากกว่าโลหะชนิดอื่นๆ เนื่องจากข้อดีของทองแดงก็คือความสามารถในการเป็นตัวนำของมันนั่นเอง

ถ้าพลังงานนี้มีค่าสูงมากพอจะทำให้แท่งโลหะตัวนำหลอมเหลวได้ สำหรับโลหะที่นิยมทำแท่งตัวนำจะมีค่าหลอมเหลวต่อปริมาตรดังนี้

อลูมิเนียม	7.3 mm ³ /coulomb
ทองแดง	3.4 mm ³ /coulomb
เหล็ก	1.9 mm ³ /coulomb

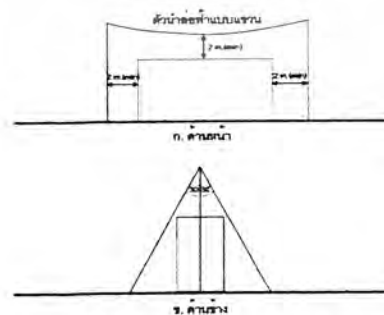
จากการเก็บข้อมูลทางด้านฟ้าผ่าพบว่า ฟ้าผ่าสามารถมีค่าได้สูงสุดถึง 350 คูลอมป์ ซึ่งการออกแบบตัวนำล่อฟ้าในส่วนนี้ ต้องคำนึงถึงผลของความร้อนนี้ด้วย ไม่ให้สูงเกินไปจนเกิดลุกติดไฟได้

ในบางประเทศได้มีการกำหนดขนาดอย่างต่ำของตัวนำล่อฟ้าไว้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติไว้ เช่น ตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 2.4 ขนาดอย่างต่ำของแท่งตัวนำล่อฟ้า

ประเทศ	เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวนำ (mm)		
	Cu	Al	Fe
ออสเตรเลีย	10	10	10
ออสเตรเลีย	8	10	8
เยอรมัน	8	10	8
อังกฤษ	10	10	10
แอฟริกาใต้	6	6	6
สวีเดน	6	9	6
อเมริกา	6.5	-	-
ไทย	8	-	8

ใน BS 6651 ได้แนะนำรูปแบบการป้องกันแบบพิเศษสำหรับอาคารที่เก็บสารเคมีที่เป็นอันตรายหรือวัตถุไวไฟไว้ ซึ่งมีลักษณะตามรูป



รูปที่ 2.12 การป้องกันอาคารเก็บสารอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 สายนำลงดิน (Down Conductor)

สายนำลงดินทำหน้าที่นำประจุจากฟ้าผ่าถ่ายเทลงสู่ดิน สายนำลงดินต้องมีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ การเดินสายนำลงดินควรจะใช้จำนวนเส้นให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันผลจากการเกิด Side Flashing ลักษณะสายตัวนำควรมีขนาดใหญ่และควรมีฉนวนหนาหุ้ม สายตัวนำควรเป็นเส้นเดียวกันตลอดไม่มีรอยต่อ ฉนวนระหว่างตัวนำของสายตัวนำลงดินต้องทนแรงดันอิมพัลส์ได้ไม่ต่ำกว่า 250 KV ที่รูปคลื่นแบบ 1/50

สายนำลงดินต้องสามารถทนผลของความร้อนจากกระแสฟ้าผ่าได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ในการใช้สายตัวนำลงดินหลายเส้น จะช่วยลดขนาดพื้นที่หน้าตัดของสายตัวนำได้ แต่จำนวนสายตัวนำลงดินไม่ควรเกินตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

ข้อกำหนดจำนวนของสายนำลงดินมีการกำหนดดังนี้

1. ถ้าอาคารสูงน้อยกว่า 30 ม. พื้นที่อาคารมีขนาดไม่เกิน 100 ม.² ใช้สายนำลงดิน 1 เส้น
2. ถ้าอาคารสูงน้อยกว่า 30 ม. พื้นที่อาคารมีขนาดเกิน 100 ม.² ให้เลือกใช้แบบใดแบบหนึ่งที่มีจำนวนสายนำลงดินน้อยกว่า
 - 2.1 ถ้าพื้นที่เพิ่มขึ้นทุก 300 ม.² ให้เพิ่มอีก 1 สาย
 - 2.2 ถ้าวัดโดยรอบได้ทุก 30 ม. ให้มีสายนำลงดินเพิ่ม 1 สาย
3. ถ้าอาคารสูงกว่า 30 ม. ให้มีจำนวนสายนำลงดินตามพื้นที่ที่ต้องการดังในตารางตารางที่ 2.5 จำนวนสายนำลงดินกับขนาดของพื้นที่

พื้นที่ (ม. ²)	จำนวนสายนำลงดิน
100 - 400	2
400 - 700	3
700 - 1000	4
1000 - 1300	5
1300 - 1600	6
1600 - 1900	7

สายนำลงดินต้องต่อกันทุกระยะความสูง 20 เมตร เพื่อลดผลการเกิดแรงดันเหนี่ยวนำ ควรแยกสายให้ห่างจากท่อแก๊สและท่อไฟฟ้าต่างๆ

5.1.3 รากสายดิน (Earth Terminal)

รากสายดินเป็นโลหะเปลือยที่ฝังหรือตอกลงไปในดินลึก เพื่อการถ่ายเทประจุของฟ้าผ่าสู่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ ให้ความต้านทานระบบสายดินหรือของระบบป้องกันฟ้าผ่ามีค่าต่ำสุด กระแสฟ้าผ่าจะได้ไหลกระจายออกไปได้สะดวกและรวดเร็ว ซึ่งอาจจะใช้รากสายดินหลายชุดและฝังให้ลึกลงไปในดินให้มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้านทานจำเพาะของดินและสิ่งก่อสร้างที่ต้องการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าโดยคำนึงถึงหลัก 2 ประการได้แก่ความต้านทานระบบสายดิน จะต้องไม่ทำให้เกิดสปาร์กด้านข้างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแรงดันตกคร่อมความต้านทานดังกล่าว และจะต้องจะไม่ทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างช่วงก้ำว (1 เมตร) บนพื้นดินรอบๆ อาคารซึ่งเรียกว่า แรงดันช่วงก้ำวและแรงดันสัมผัสเกินที่กำหนด เพราะจะทำให้เกิดอันตรายแก่สิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น เมื่อฟ้าผ่าพิจารณาจากรูป



รูปที่ 2.13 แสดงศักย์ไฟฟ้าสัมผัสและศักย์ไฟฟ้าระหว่างก้ำว

ความต้านทานของรากสายดิน คือ ค่าที่เป็นอัตราส่วนของความต่างศักย์ของตำแหน่งอิเล็กโตรดกับตำแหน่งที่ห่างออกไปตามพื้นดินต่อกระแสฟ้าผ่า ความต้านทานของรากสายดินจึงเป็นความต้านทานของดินบริเวณรอบอิเล็กโตรด ความต้านทานของรากสายดินนี้ขึ้นกับขนาดของตัวนำที่ใช้ทำรากสายดินและขึ้นกับสภาพความต้านทานดินในบริเวณนั้นด้วย

ตารางที่ 2.6 ความต้านทานของดิน

สภาพของดิน	ความต้านทาน (ohm-m.)
น้ำทะเล	0.2
น้ำจืดตามธรรมชาติ	10 - 50
ดินแฉะ	30 - 50
ดินเหนียวที่เปียก	50
ดินชั้น	100
ดินปนทรายชั้น	150
ทรายชั้น	200
ดินกรวดชั้น	500
ดินปนกรวดทรายแห้ง	1000
หินภูเขา	1000 - 10000

ในทางปฏิบัติรากสายดินควรจะมีค่าความต้านทานต่ำให้มากที่สุด ไม่ควรมีค่าเกิน 10 ohm วัสดุที่ใช้ทำอาจทำได้จาก เหล็ก ทองแดงหรืออลูมิเนียม รูปร่างของรากสายดินอาจจะเป็นแบบแท่ง แบบแผ่น หรือแบบสายยาวฝังดิน รากสายดินควรฝังในดินให้ลึกลงสู่ที่ชั้น บางประเทศได้มีการกำหนดขนาดของแท่งตัวนำที่ใช้เป็นอิเล็กโทรดต่อลงดิน ดังนี้

ตารางที่ 2.7 ขนาดอย่างต่ำของแท่งตัวนำฝังดิน

ประเทศ	เส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวนำ (mm)	
	Cu	Fe
ออสเตรเลีย	10	-
ไทย	8	10
เยอรมัน	8	10
อังกฤษ	10	-
แอฟริกาใต้	6	6
สวิสเซอร์แลนด์	6	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ขอบเขตของการป้องกัน (Zone of Protection)

แนวคิดของหลักการป้องกันฟ้าผ่า คือ ในบริเวณที่ได้ออกแบบป้องกันไว้ จะไม่มีฟ้าผ่าลงในบริเวณนั้น ซึ่งถ้าตามแนวคิดนี้แล้ว วัตถุหรือบริเวณที่ป้องกันจะไม่ถูกฟ้าผ่าเลย แต่ในทางปฏิบัติแล้วพบว่า การป้องกันฟ้าผ่าแบบกำหนดของเขตการป้องกันก็ยังพบความผิดพลาดเกิดขึ้นได้

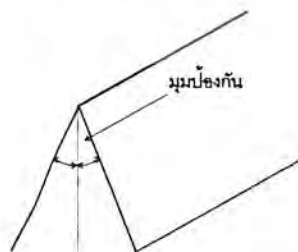
5.2.1 วิธีมุมป้องกัน (Protection Angle)

นักวิจัยหลายคนได้กำหนดบริเวณที่ป้องกันได้โดยใช้วิธีมุมป้องกัน (Protection Angle) มุมป้องกันนี้มีหลักการคือ เมื่อลากเส้นตรงจากยอดของตัวนำล่อฟ้าทำมุมกับยอดตัวนำเป็นค่ามุมป้องกัน แล้วเคลื่อนเส้นตรงนี้ไปรอบแท่งตัวนำ ก็จะได้พื้นที่การป้องกันของแท่งตัวนำล่อฟ้า หรือในกรณีที่เป็นตัวนำแนวอนก็ลากเส้นตรงทำมุมกับแนวตั้งเป็นมุมป้องกันจากยอดตัวนำ ซึ่งบริเวณที่อยู่ภายในเส้นตรงถือว่าอยู่ในขอบเขตของการป้องกัน ค่ามุมป้องกันในปัจจุบันมักจะกำหนดให้มีค่า 45 องศา

การออกแบบขอบเขตการป้องกันโดยวิธีมุมป้องกันนี้ เป็นที่นิยมใช้กันมาก การคำนวณออกแบบสามารถทำได้ง่าย ตัวนำล่อฟ้าแบบแท่งตัวนำหรือสายตัวนำ ก็สามารถใช้วิธีนี้ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าได้



รูปที่ 2.14 มุมป้องกันของตัวนำล่อฟ้าแบบแท่ง



รูปที่ 2.15 มุมป้องกันของตัวนำล่อฟ้าแบบแนวอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

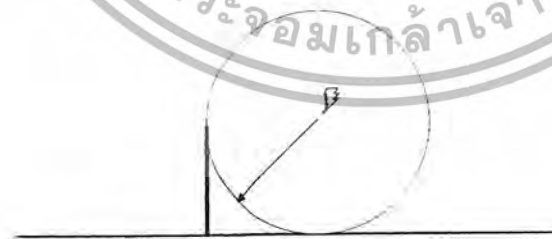
5.2.2 วิธี Rolling Sphere

สำหรับอาคารหรือสิ่งก่อสร้างที่มีความสูงต่ำกว่า 20 เมตร ใช้หลักการมูมป้องกันได้ แต่ถ้าอาคารหรือสิ่งก่อสร้างมีความสูงเกินกว่า 20 เมตรแล้ว ควรใช้วิธี Rolling Sphere

สำหรับสิ่งก่อสร้างที่มีความสูงเกิน 20 เมตร ของเขตของการป้องกันจะพิจารณาอย่างมีหลักการที่มากขึ้น การคิดขอบเขตป้องกันแบบ Rolling Sphere นี้ จะนำค่าระยะฟ้าผ่ามาใช้พิจารณาด้วย หลักการของวิธี Rolling Sphere อธิบายได้คือ เมื่อลีดเดอร์วิ่งมาถึงค่าระยะฟ้าผ่าของมัน ถ้าลากเส้นทางจากตำแหน่งของลีดเดอร์ไปรอบๆ เป็นระยะฟ้าผ่า จะทางเดินของเส้นตรงเป็นรูปวงกลม ซึ่งพื้นที่ได้ส่วนโค้งก็คือขอบเขตการป้องกันตามวิธีนี้

เมื่อพิจารณาดูแล้วจะเห็นว่า ขอบเขตการป้องกันของวิธี Rolling Sphere นี้เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับการติดตั้งตัวนำส่อฟ้าของสายส่งไฟฟ้ากำลัง เนื่องจากในสายส่งไฟฟ้าถ้าใช้วิธีมูมป้องกันออกแบบขอบเขตการป้องกันแล้วอาจจะมีส่วนที่อยู่นอกขอบเขตการป้องกันวิธี Rolling Sphere ได้

โดยทั่วไปแล้ว มักจะกำหนดค่ารัศมีของทรงกลม (Sphere) ให้มีค่า 50 – 60 เมตร เช่นมาตรฐานของออสเตรเลียกำหนดรัศมีวงกลมไว้เท่ากับ 60 เมตร มาตรฐานของอเมริกากำหนดไว้เท่ากับ 50 เมตร ซึ่งที่เลือกค่านี้อาจเพราะระยะฟ้าผ่าค่านี้นี้และที่สูงกว่ามีโอกาสเกิดขึ้นได้มากกว่า 50 % ซึ่งถ้าต้องการความปลอดภัยสูงก็เลือกค่ารัศมีวงกลมที่น้อยกว่านี้ ซึ่งอาจเลือกใช้ค่ารัศมีวงกลมนี้เป็น การกำหนดค่าความเสี่ยงของระบบป้องกันฟ้าผ่าได้



รูปที่ 2.16 Rolling Sphere

6. การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

6.1 เสาล่อฟ้า

จำนวนและการติดตั้งเสาล่อฟ้าสามารถแยกออกได้เป็น 3 กรณี

ก. การติดตั้งกับหลังคาลาดเอียง

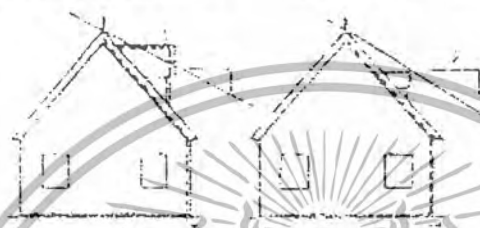
จะต้องติดตั้งเสาล่อฟ้าที่แถวแรกของสันหลังคา โดยมีระยะห่างของเสาแต่ละต้นไม่เกิน 20 ฟุต ถ้าเสามีความสูง 10 นิ้ว แต่ถ้าเสาล่อฟ้ามีความสูง 24 นิ้ว ให้วางห่างกันได้ไม่เกิน 25 ฟุต และเสาดังกล่าวต้องอยู่ห่างจากริมหลังคาไม่เกิน 2 ฟุต หลังจากวางเสาล่อฟ้าแถวแรกที่สันหลังคาได้แล้ว ต่อไปให้พิจารณาในส่วนปลายชายคาของหลังคา ว่าอยู่ภายในรัศมีป้องกัน ของเสาล่อฟ้าที่สันหลังคาหรือไม่ สำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 50 ฟุตเหนือพื้นดินจะมีรัศมีการป้องกัน ของเสาล่อฟ้าที่สันหลังคา ในอัตราส่วน 2 : 1 ถ้าอาคารสูงเกินกว่า 50 ฟุต อัตราส่วนการป้องกันของเสาล่อฟ้าจะเป็น 1:1



รูปที่ 2.17 แสดงการติดตั้งสายล่อฟ้ากรณีสายล่อฟ้าเอียง

ซึ่งจะต้องตรวจสอบดูว่าเสาหล่อฟ้าที่สันหลังคามีรัศมีทำการที่จะสามารถป้องกันส่วนชายคาของหลังคาได้หรือไม่ ถ้าไม่เพิ่มแถวของสายหล่อฟ้าที่ปลายชายคาดังในรูปแต่ถ้าสามารถป้องกันชายคาได้ก็ไม่ต้องเพิ่ม

มีความต้องการเสาหล่อฟ้า ไม่ต้องการเสาหล่อฟ้า



รูปที่ 2.18 แสดงการติดตั้งสายหล่อฟ้าเพื่อป้องกันส่วนชายคาของหลังคาได้หรือไม่

ข. กรณีของหลังคาแบนราบหรือหลังคาที่มีความลาดเอียงน้อย

หลังคาที่มีความลาดเอียงน้อยคือ หลังคาที่มีช่วงความกว้างไม่เกิน 40 ฟุต และมีความลาดเอียงของหลังคา 1 ใน 8 หรือน้อยกว่านั้น ถ้าหลังคากว้างกว่า 40 ฟุต จะต้องมีความลาดเอียงน้อยกว่า 1 ใน 4 กรณีนี้ให้ถือเอาการติดตั้งที่ขอบ หลังคาเป็นหลัก โดยมีระยะห่างระหว่างเสาหล่อฟ้าแต่ละต้นเป็น 6 หรือ 7.6 เมตร และตัวเสาหล่อฟ้าต้องอยู่ห่างจากขอบสุด หรือสันหลังคาไม่เกิน 2 ฟุต ถ้าหลังคามีความกว้างเกินกว้างกว่า 50 ฟุต ต้องมีแถวของเสาหล่อฟ้าเพิ่มเติมที่ระยะไม่เกิน 50 ฟุต

ส่วนในกรณีของหลังคาที่มีความลาดเอียงน้อยนั้น นอกจากจะติดตั้งสายหล่อฟ้าที่สันของหลังคาตามกฎเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว ยังจะต้องติดเสาหล่อฟ้าที่ริมหลังคา โดยมีระยะห่างจากแถวของเสาหล่อฟ้าที่สันหลังคาไม่เกิน 15 เมตร

A คือ ระยะห่างสูงสุด 50 เมตร

B คือ ระยะห่างเกิน 150 ฟุต

ซึ่งจะต้องเชื่อมต่อกับสายหล่อฟ้าชุดอื่น

หรือสายนำลงดินทุกๆ 50 ฟุต

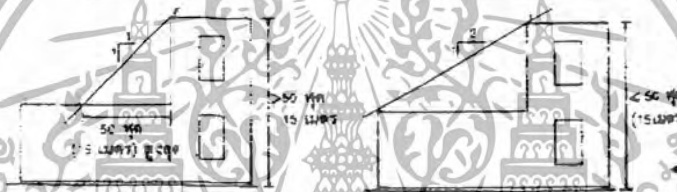
C คือ ระยะห่างสูงสุด 20 ถึง 25 ฟุต



รูปที่ 2.19 แสดงการติดตั้งเสาหล่อฟ้าในกรณีหลังคาแบนราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. หลังคาที่มีหลายชั้น หลังคาของอาคารส่วนใหญ่มักจะมีหลังคาส่วนล่างที่ลดหลั่นกันลงมาหลายชั้น การป้องกันฟ้าผ่าของอาคารดังกล่าวจะต้องป้องกันหลังคาส่วนที่สูงที่สุดก่อนตามกฎที่กล่าวไปแล้ว ไม่ว่าจะเป็นหลังคาเฉียงหรือราบก็ตามการป้องกันฟ้าผ่าทำได้โดยการวางแถวของเสาหล่อฟ้าตามกฎเกณฑ์ของหลังคาแต่ละประเภท หลังจากนั้นก็กำหนดรัศมีป้องกัน ของเสาหล่อฟ้าในส่วนที่ป้องกันหลังคาสูงสุด โดยใช้อัตราส่วนป้องกัน 1:1 หรือ 2:1 ตามความสูงของอาคาร นอกจากนี้ให้ติดตั้ง เสาหล่อฟ้าเพิ่มเติมในส่วนที่รัศมีป้องกันของเสาหล่อฟ้าบนหลังคาที่สูงที่สุด ไม่สามารถป้องกันได้ การเดินสายเชื่อมต่อระหว่าง เสาหล่อฟ้าต้องเชื่อมเสาหล่อฟ้าทุกๆ จุดโดยเดินสายเป็นวงรอบและเสาหล่อฟ้าแต่ละต้นควรมีทางสำหรับกระแสไหลลงดินได้ 2 ทาง

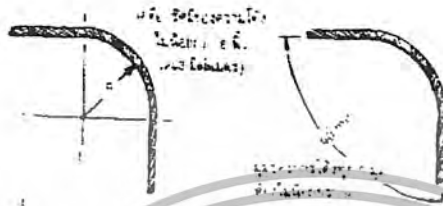


รูปที่ 2.20 อัตราส่วนป้องกัน 1:1 หรือ 2:1 ตามความสูงของอาคาร

6.2 สายนำลงดิน

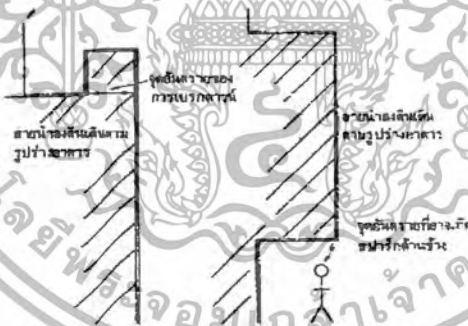
อาคารสถานที่ที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กหรือเป็นโครงเหล็ก อาจใช้เป็นโครงเหล็กเป็นสายนำลงดินได้โดยไม่ต้องเดินสายนำลงดิน โครงเหล็กที่เป็นสายนำลงดินต้องมีการต่อเชื่อมอย่างถูกต้องตลอดความยาวของเสา และโครงสร้างนี้ต้องเชื่อมต่อกับตัวนำล่อฟ้าอย่างถูกต้องด้วยส่วนวิธีการเดินสายลงไปในดินจะทำหลังจากหาจำนวนของสายดินได้แล้ว ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดคือเดินสายลงดินเหล่านี้รอบๆ อาคารภายนอกอาคาร อย่างไรก็ตามบางกรณีก็อาจจะสามารถเดินสายภายนอกอาคารได้เนื่องจากปัญหาเรื่องความสวยงามหรือผิวนอกอาคารไม่เป็นเส้นตรงได้ ในกรณีนี้ต้องมีการเดินสายช่องท่อที่ห่อหุ้มด้วยผิวนอกที่ไม่ใช่โลหะและไม่ติดไฟ ซึ่งอาจจะได้แก่ ปล่องอิฐ ยกเว้นปล่องลิฟต์ไม่ควรใช้เดินสายล่อฟ้าลงดินโดยเด็ดขาด แต่ทั้งนี้การวางสายลงดินในปล่องดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงการตรวจสอบและการบำรุงรักษาด้วย

การเดินสายลงดินจำเป็นต้องเดินสายให้เป็นเส้นตรงมากที่สุด พยายามหลีกเลี่ยงการโค้งงอ ต้องมากกว่า 90 องศา มีรัศมีไม่น้อยกว่า 20.3 เซนติเมตร



รูปที่ 2.21 ลักษณะการโค้งงอของสายนำลงดิน

การเดินสายภายนอกอาคารมีเรื่องที่จะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับการเดินสายไปตามรูปร่างของตึก โดยเฉพาะที่ตึกด้านบนยื่นออกไปมากกว่าชั้นล่าง การเดินสายตามรูปร่างภายนอกอาคารจะมีโอกาสที่ก่อให้เกิดสปาร์กด้านข้าง (side flashing) แก่คนที่อยู่ด้านล่างดังรูป



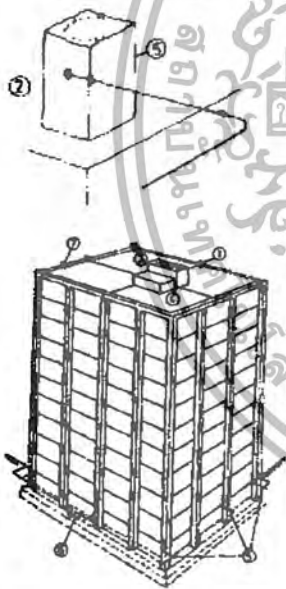
รูปที่ 2.22 แสดงการจัดวางสายล่อฟ้าและจำนวนสายนำลงดินตามขนาดของ

เมื่อเกิดฟ้าผ่าขึ้นกับตัวอาคาร ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงการเดินสายโค้งตามรูปของอาคาร แต่ควรเดินสายไว้ในอาคารเป็นเส้นตรงที่เดียว

ในกรณีที่มีสายนำลงดินมีอย่างน้อยที่สุด 2 เส้น และวางตรงกันข้ามของตัวอาคารทุกอาคารทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการตรวจสอบสายดิน เพื่อให้เกิดความมั่นใจปลอดภัยหรือในการซ่อมแซม และยังช่วยลดค่าสปาร์กด้านข้าง

สายตัวนำที่เดินผ่านในอาคารนั้น กรอบของประตู หน้าต่างบันไดหนีไฟ ปล่อง ท่อ และระบบท่อ ซึ่งล้วนจะเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการสปาร์กด้านข้างขึ้นได้จึงมีวิธีการป้องกันคือ การพยายามเดินสายลงดิน การอยู่ห่างจากกรอบประตูที่เป็นโลหะ โดยระยะห่างต้องมีระยะเพียงพอที่จะไม่ก่อให้เกิดการสปาร์กด้านข้างได้ ส่วนอีกวิธีคือการเชื่อมต่อโลหะที่อยู่ใกล้ๆ กับเส้นทางของสายลงดินให้เชื่อมเข้ากับระบบของสายลงดิน โดยเฉพาะโลหะที่วิ่งเป็นแนวขนานกับสายดินเป็นระยะทางยาวๆ ควรจะมีการต่อเชื่อมกับสายลงดินที่ส่วนบนและส่วนล่างสุด อันได้แก่ ระบบท่อต่างๆ

นอกจากนี้ยังอาจใช้โครงสร้างเหล็กที่อยู่ในอาคารเป็นตัวนำฟ้าผ่าลงดินได้ เพราะโครงสร้างเหล็กดังกล่าวนั้นมักจะเป็นเหล็กที่มักจะเป็นเหล็กที่ฝังอยู่ในเสาคอนกรีตและลงในชั้นใต้ดิน แต่เหล็กเส้นดังกล่าวจะต้องต่อเชื่อมกันอย่างแน่นสนิท เพื่อให้กระแสไหลลงดินได้สะดวก



1. คือขอบกำแพงมีสายล่อฟ้าวางยึดโดยรอบ
2. คือการต่อทางไฟฟ้าของโครงเหล็กเสริมเข้ากับระบบสายดิน
3. คือปล่องไฟ
4. คือห้องเครื่องลิฟท์
5. คือการต่อโครงเหล็กของอาคารเข้ากับรากสายดินแบบวงรอบอาคาร
6. คือการต่อเข้ากับท่อน้ำประปา
7. คือการต่อโครงเหล็กรอบกำแพงคาดฟ้าเข้ากับสายนำลงดิน

รูปที่ 2.23 แสดงการใช้โครงเหล็กของอาคารเป็นสายนำลงดิน

โดยปกติแล้วขนาดของสายตัวนำลงดินมักจะใช้สายทองแดงเปลือยขนาด 35 ตารางมิลลิเมตร หรือ 50 ตารางมิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อความคงทนแข็งแรง แต่ในบางกรณีก็อาจใช้สายทองแดงได้ถึง 70 ตารางมิลลิเมตรก็ได้

6.3 รากสายดิน

การวางรากสายดิน อาจแบ่งได้เป็น 3 วิธี

1. แบบต่อลงในแนวตั้งด้วยแท่งอิเล็กโทรด
2. แบบฝังอยู่ในแนวนอนใต้ดิน อาจใช้แผ่นอิเล็กโทรดสายตัวนำวางเป็นแนวเดียว

หรือเป็นหลายแนว หรือวางเป็นวงแหวน

3. แบบฝังด้วยสายตัวนำยาวหรือที่เรียกว่า Counterpoise ซึ่งอาจจะมีการตอกแท่งอิเล็กโทรดลงในแนวตั้งที่ละช่วงเพื่อลดการเกิดอิมพีแดนซ์เสิร์จ แบบนี้อาจนำมาใช้กับกรณีที่อยู่บนภูเขาที่มีชั้นหินมาก และอยู่ติดกับทะเล อาจฝังตัวนำลงสู่ทะเลที่มีสภาพความต้านทานต่ำมาก

วิธีการที่นิยมคือใช้แท่งโลหะที่เป็นเหล็กที่เคลือบผิวภายนอกด้วยทองแดง (copper clad steel) ดังรูปจะเห็นว่าทองแดงที่เคลือบต้องเคลือบอย่างดีถึงแม้โลหะจะโค้งงอ ทองแดงควรจะเกาะแน่นกับผิวเหล็กนั้น แท่งทองแดงดังกล่าวปกติเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า $\frac{1}{2}$ นิ้ว และมีความยาว 8 ฟุต หรือ 2.4 เมตรเป็นหลัก ดังนั้นรากสายดินที่ใช้ควรเลือกที่มีขนาดเพียงพอที่จะสามารถตอกเข้าไปในดินได้เท่านั้น

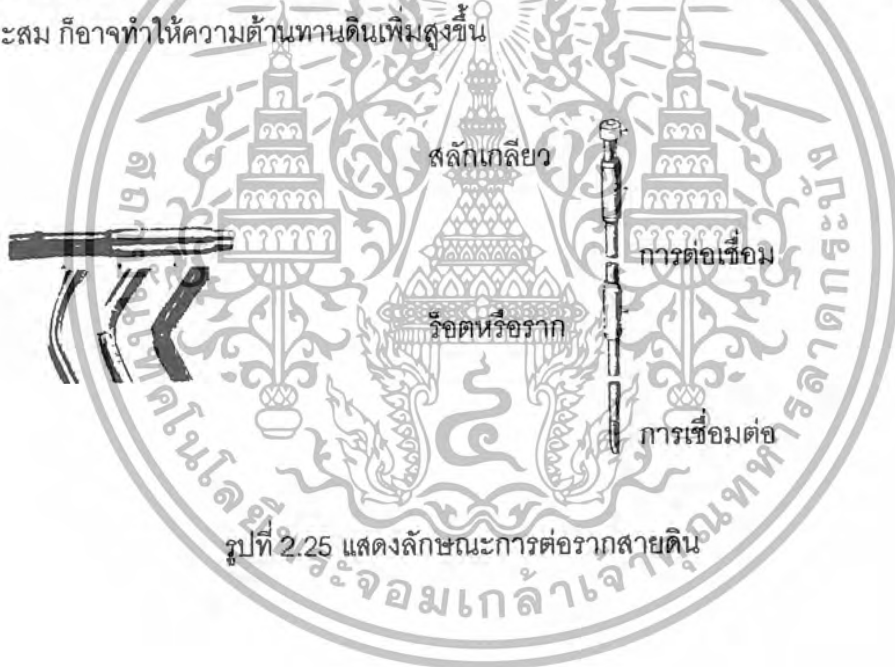


รูปที่ 2.24 แสดงการฝังรากสายดิน

ส่วนบริเวณที่มีกรวดทรายปนอยู่ในดิน ต้องเพิ่มจำนวนรากสายดินอาจเป็น 2 หรือมากกว่าโดยวางห่างกัน 3 เมตร เป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า และปักลึกลงไปในดิน 10 ฟุตเช่นกัน กรณีที่มีชั้นหินอยู่ใกล้ผิวดินซึ่งทำให้ปักรากสายดินไม่สะดวก ให้ขุดเป็นรางยาวไม่น้อยกว่า 12 ฟุต ลึกตั้งแต่ 1-2 ฟุต แต่ถ้าชั้นดินข้างบนเป็นทรายหรือมีกรวดปนดิน รางต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 24 ฟุต และลึกไม่น้อยกว่า 2 ฟุต แต่ถ้าไม่สามารถขุดรางตามแนวนอนดังกล่าวได้ ให้วางสายตัวนำในระดับความลึก

ดังกล่าว แล้วต่อกับแผ่นทองแดงที่มีความหนาอย่างน้อย 0.8 มิลลิเมตร และมีพื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 2 ตารางฟุต โดยปลายสายต้องอยู่ห่างจากตัวอาคารไม่น้อยกว่า 2 ฟุต

ถ้าชั้นดินมีความลึกน้อยกว่า 1 ฟุต ต้องใช้ตัวนำวางในรางเป็นวงรอบอาคารและเพิ่มแผ่นทองแดงขนาด 9 ตารางฟุต หนา 0.8 มิลลิเมตร ที่มุมอาคารและกลบด้วยดินร่วน เพื่อให้รับความชื้นจากฝนได้ ค่าความต้านทานของรากสายดินที่ติดตั้งแล้วควรอยู่ในช่วง 2-5 โอห์ม นอกจากนี้สายดินของระบบไฟฟ้า โทรศัพท หรือท่อโลหะอื่น ๆ ที่ฝังดิน ควรมีการเชื่อมโยงเข้ากับระบบสายล่อฟ้าเพื่อลดความต่างศักย์ระหว่างตัวนำประเภทต่าง ๆ ที่ต่อลงไปในดิน ถ้าความต้านทานของระบบสายดินมีค่าสูงและแก้ไขโดยวิธีข้างต้นไม่สำเร็จ ก็อาจใช้เกลือเติมลงไปดินบริเวณที่มีการปักรากสายดินแต่ควรดำเนินการเป็นครั้งสุดท้าย เนื่องจากรากสายดินจะผุกร่อนเร็วเกินไป และการเติมเกลือในปริมาณที่ไม่เหมาะสม ก็อาจทำให้ความต้านทานดินเพิ่มสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การศึกษาประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.2.1 การศึกษาประชากรที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาเรื่องระบบการปกครองและประชากรศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดลักษณะด้านต่างๆที่เกี่ยวกับกลุ่มเป้าหมายและประชากร ที่จะนำมาใช้ในการทำการวิจัย โดยที่การศึกษา จะเน้นไปที่ลักษณะพื้นฐาน สภาพความเป็นอยู่และสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดตามหัวข้อ ดังนี้

ตารางที่ 2.8 แสดงรายชื่อสถานศึกษา สังกัดกรมอาชีวศึกษา กองวิทยาลัยเทคนิค ที่เปิดการเรียน-การสอน ในสาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ลำดับที่	สถานศึกษา	หลักสูตร	สาขาวิชา
1.	ภาคกลาง เขตกรุงเทพมหานคร - วิทยาลัยเทคนิคดุสิต - วิทยาลัยเทคนิคดอนเมือง - วิทยาลัยราชสีหราชราม	ปวส. ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
2	เขตการศึกษา 1 - วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
3	เขตการศึกษา 5 - วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
4	ภาคใต้ เขตการศึกษา 2 - วิทยาลัยเทคนิคยะลา	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
5	เขตการศึกษา 3 - วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
6	ภาคเหนือ เขตการศึกษา 7 - วิทยาลัยเทคนิคพิษณุโลก - วิทยาลัยเทคนิคนครสวรรค์	ปวส. ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับที่	สถานศึกษา	หลักสูตร	สาขาวิชา
7	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		
	เขตการศึกษา 9	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคอุดรธานี		
	เขตการศึกษา 10	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคนครพนม	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคร้อยเอ็ด	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคยโสธร	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
8	เขตการศึกษา 11	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์		
9	ภาคตะวันออก		
	เขตการศึกษา 12	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี	ปวส.	ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
	- วิทยาลัยเทคนิคจันทบุรี		

ที่มา : สรุปรายงานชื่อสถานที่ศึกษาสังกัดกรมอาชีวศึกษา รายงานจังหวัด ปี พ.ศ.2544

2.2.2 กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในงานวิจัย

- ประชากร หมายถึง นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ภาคการศึกษาที่ 2 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิค สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
- กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคดุสิต กรุงเทพฯ และวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การศึกษาความรู้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.1 การศึกษาการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในกิจกรรมการเรียนการสอน

2.3.1.1 การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ช่วยสอนในภาคทฤษฎี

การเรียนการสอนสมควรให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการได้เห็น ได้ยิน ดังนั้นคอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนวิชาด้านสถาปัตยกรรม ควรมีส่วนประกอบที่สามารถแสดงภาพนิ่ง เสียง หรือภาพยนตร์ได้จึงทำให้การช่วยสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.1.2 การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในกิจกรรมการศึกษา

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกิจกรรมการศึกษานี้ ครูศึกษานอกจากจะเกี่ยวกับการเรียนการสอนแล้ว ยังต้องเกี่ยวข้องกับการบริหารทางการศึกษาอีกด้วย การที่คอมพิวเตอร์มีคุณสมบัติในการประมวลข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก คอมพิวเตอร์จึงสามารถนำมาใช้ได้ดี กับการสอนวิชาทางด้านสถาปัตยกรรมทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ รวมทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการจัดระเบียบและคิดคำนวณข้อมูลทางการบริหารอีกด้วย

2.3.2 ข้อได้เปรียบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบการเรียนการสอน

เนื่องจากข้อได้เปรียบของตำราเรียนเมื่อเทียบกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction Lesson) นั้นมีอยู่บ้าง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ไม่ยากนัก เนื่องจากเป็นเรื่องที่ทุกท่านทราบกันดีอยู่แล้ว ดังนั้นในส่วนที่จะกล่าวต่อไปนี้จะเน้นเฉพาะข้อได้เปรียบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในด้านต่าง ๆ เมื่อเทียบกับตำราเรียนเท่านั้น

- ด้านสี สัน การพัฒนาทางด้านสี สัน ให้มีความสวยงาม จึงเริ่มกันอย่างจริงจัง ตัว Monitor สี ถูกพัฒนาให้มีความละเอียดสูงพอกับจอภาพ (Monitor) ขาว - ดำ หรือที่เรียกกันว่า จอ Monochrome ตัวฮาร์ดแวร์ (Hardware) หรือแผงวงจร (Card) ที่ใช้ควบคุมการให้สีบนจอภาพก็ได้รับการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ จนปัจจุบันนี้สามารถแสดงสีได้นับร้อย ๆ สี การใช้สี ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้หลายลักษณะจะเป็นสีของพื้นหลัง (Background) พื้นหน้า (Foreground) และสีของกรอบนอกจากนั้นในเรื่องของการสลับสี การเปลี่ยนสีจะเป็นสีของตัวอักษรหรือกราฟิกก็สามารถทำได้ บทเรียนที่มีสี สัน ย่อมดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดีกว่าสีขาวดำ

- ด้านกราฟิก ด้วยการพัฒนาทางด้าน ฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถที่จะสร้างภาพประกอบบทเรียนได้ไม่ยากนัก ซึ่งนอกจากผู้เขียนโปรแกรมจะสร้างไว้ให้แล้ว

การสร้างตำราเรียนในปัจจุบันได้พัฒนาขึ้นมากการใช้ภาพ หรือกราฟฟิกประกอบคำอธิบายเนื้อหา มีอยู่เกือบทุกเล่ม หากเปรียบเทียบกับ การสร้างภาพ และกราฟฟิกในไมโครคอมพิวเตอร์ ข้อได้เปรียบนั้นไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน แต่ถ้ามองในแง่ของการที่ผู้เรียนสามารถสร้างภาพได้เอง และที่สำคัญที่สุดคือ การทำให้ภาพเคลื่อนไหวแล้ว ไมโครคอมพิวเตอร์ได้เปรียบในข้อนี้มาก เรียนจากตำราซึ่งมีภาพ และคำอธิบายที่ละขั้นตอนมีภาพหลาย ๆ ภาพ และคำอธิบายยาวติดกันหลาย ๆ บรรทัด กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเคลื่อนไหวของการผสมสารเคมีจากหลอดแก้วหนึ่งไปยังอีกหลอดแก้วหนึ่ง สีของสารเคมีที่เปลี่ยนไป รวมทั้งขั้นตอนของคำอธิบายซึ่งปรากฏจอภาพเป็นช่วง ๆ ตามการทดลอง จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง และยังซับซ้อนเท่าไรคอมพิวเตอร์ก็ได้เปรียบมากกว่านั้น

- ด้านการศึกษารายบุคคล นักการศึกษาส่วนมากเชื่อและเห็นค่าของการศึกษารายบุคคล ซึ่งหากผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ตามความสามารถและความสนใจของตนเองแล้ว การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ความเชื่อในแง่ nàyยังเป็นเพียงความเชื่อเท่านั้น เพราะในสภาพการจริงทั้งนักการศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสอนคือครู ไม่สามารถที่จะกระทำตามความเชื่อของตนเองได้

- ด้านกิจกรรมรวม เป็นที่ยอมรับในวงของนักศึกษา การเรียนรู้ที่ดีนั้นผู้เรียนควรจะได้มีโอกาสร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน บทเรียนคอมพิวเตอร์มีข้อได้เปรียบในด้านนี้ที่ไม่มีข้อสงสัย เพราะตามลักษณะของบทเรียนนั้นจะเป็นการพูดคุยระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะมีโอกาสเลือก ตัดสินใจ หรือแสดงความคิดเห็นของตนเองได้ด้วยการ INPUT ข้อมูลทางแป้นพิมพ์ หรือทางอุปกรณ์ช่วยอย่างอื่น ๆ ซึ่งในตำราเรียนนั้นทำไม่ได้ดีเท่า

- ด้านความรู้ลึก ด้วยอิทธิพลจากการที่ได้ยินได้ฟัง หรือได้เห็นจากสิ่งพิมพ์ วิทยุ โทรทัศน์ ภาพยนตร์บันเทิง และสารคดีต่าง ๆ เกี่ยวกับมนุษย์คอมพิวเตอร์หรือความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ ทำให้คนส่วนมากเกิดความรู้สึกลึก ๆ ว่าคอมพิวเตอร์คือมนุษย์คนหนึ่งที่อยู่ในรูปแบบเครื่องมือหรือหุ่นยนต์

- ด้านการให้ข้อมูลย้อนกลับ (feedbacks) ในลักษณะของการเรียนการสอนในชั้นเรียนปกติ การให้ข้อมูลย้อนกลับถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะบอกให้ผู้เรียนได้ทราบ ว่าสิ่งที่ตนเองทำหรือตอบไปนั้นถูกหรือผิดอย่างไรแล้ว การให้ข้อมูลย้อนกลับยังเป็นตัวช่วยตัวเสริมแรงอีกทางหนึ่งด้วย ในด้านกราฟิกหรือภาพก็เช่นกัน ข้อมูลย้อนกลับอาจถูกสร้างให้เป็นภาพ เช่น ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบหน้าที่ยิ้มเมื่อตอบถูก ใบหน้าบึ้งเมื่อตอบผิด หรือใช้เป็นสัญลักษณ์อื่น ๆ ที่สื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ นอกจากนี้แล้วยังใช้เทคนิคอื่น ๆ เช่น ต่อกภาพที่ละส่วนเมื่อตอบถูกจนกระทั่งต่อกภาพให้สมบูรณ์ เมื่อตอบถูกครบเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือการกำหนดเป้าหมายที่จะต้องไปให้ถึงโดยการตอบคำถามให้ถูกต้อง เช่น การตั้งเป้าหมายว่าต้องไปให้ถึงหลุมทรัพย์ เป็นต้น

- ด้านกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็น ในการวิจัยถึงสาเหตุที่ทำให้ทำไม เด็กจึงชอบเล่นเกมคอมพิวเตอร์ และเกมคอมพิวเตอร์ชนิดใดที่เด็กชอบเล่นมากที่สุดพบว่าความอยากรู้อยากเห็นเป็น สิ่งจูงใจสำคัญ ประการหนึ่งที่ทำให้เกิดความชอบและความสนใจ เป็นหนังสือแบบเรียนเมื่อผู้เรียน อยากรู้อะไรหน้าต่อไป บทต่อไป จะเป็นเรื่องอะไร จะจบลงอย่างไร หรือจะมีภาพอะไร เด็กสามารถที่จะ เปิดดูได้ แต่หากเป็นคอมพิวเตอร์เด็กไม่สามารถ จะดูได้และการที่ไม่สามารถรู้ว่าเฟรมต่อไปจะเป็นอะไร จะมีเนื้อหาอย่างไร ภาพอย่างไร มีเสียง มีสี หรือไม่เหล่านี้เองจะช่วยให้ผู้เรียนตั้งใจศึกษาใน เนื้อหาและสิ่งที่จะปรากฏขึ้นในจอภาพ

2.3.3 ประโยชน์ของการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเพื่อการศึกษา

ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา มีดังนี้

1. ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองตามความเข้าใจของตัวเอง ทำให้สามารถควบคุมอัตราการเร่งได้ด้วยตนเอง
2. การตอบสนองที่รวดเร็วของคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรง ที่รวดเร็วด้วย
3. อาจจัดทำโปรแกรมให้มีบรรยากาศที่น่าชื่นชม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนช้าได้ สามารถเอาเสียงดนตรี สี สัน กราฟฟิก ภาพเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ดูเหมือนของจริงและน่าเข้าใจ ในการทำการฝึกปฏิบัติ หรือสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี
4. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทำให้การเรียนแบบเอกัตบุคคล เป็นไปได้ง่ายอย่างง่ายดาย ซึ่งครูผู้สอนสามารถออกแบบให้เรียนได้โดยลำพัง
5. ผู้เรียนสามารถควบคุมการเรียนของผู้เรียนได้ เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียนของผู้เรียนแต่ละบุคคลได้
6. ความไม่แปลกของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มความสนใจ ความตั้งใจของผู้เรียนมากขึ้น
7. คอมพิวเตอร์ให้การสอนที่เชื่อถือได้แก่ผู้เรียนที่ไม่เกี่ยวกับผู้สอนแต่อย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน จะช่วยให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีประสิทธิภาพในแง่ที่ลดเวลา และลดค่าใช้จ่าย และประสิทธิผลในแง่ที่ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย

2.3.4 ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)

คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการสอนที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูง เมื่อมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำให้การเรียนการสอนมีปฏิสัมพันธ์กันได้ระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูกับนักเรียนตามห้องเรียนปกติ คอมพิวเตอร์ยังมีความสามารถในการตอบสนองต่อข้อมูลที่ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ทันทีซึ่งเป็นการช่วยเสริมแรงแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละบทเรียนจะมีตัวอักษร ภาพ กราฟฟิก ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว รวมทั้งเสียง การใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถจำแนกรูปแบบต่าง ๆ 7 ประเภท ดังนี้

2.3.4.1 การสอน (Tutorial Instruction) บทเรียนในแบบการสอนจะเป็นโปรแกรมการสอนที่เสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อย ๆ แก่ผู้เรียนในรูปแบบของข้อความ ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกัน แล้วให้ผู้เรียนตอบคำถาม เมื่อผู้เรียนให้คำตอบนั้นจะได้รับการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลย้อนกลับทันที แต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามนั้นซ้ำและยังผิดอีกจะมีการให้เนื้อหาเพื่อทบทวนใหม่จนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก แล้วจึงให้ตัดสินใจว่ายังคงเรียนในเนื้อหาบทนั้นอีกหรือจะเรียนในบทใหม่ต่อไป บทเรียนการสอนนี้นับว่าเป็นบทเรียนขั้นพื้นฐานของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอบทเรียนในรูปแบบของบทเรียนโปรแกรมแบบสาขา โดยสามารถใช้สอนได้ในแทบทุกสาขาวิชานับตั้งแต่ด้านมนุษยศาสตร์ไปจนถึงวิทยาศาสตร์และเป็นบทเรียนที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง เพื่อการเรียนรู้ด้านกฎเกณฑ์ หรือทางด้านวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2.3.4.2 การฝึกหัด (Drills and Practice) บทเรียนในการฝึกหัดเป็น โปรแกรมที่ไม่มี การเสนอเนื้อหาความรู้แก่ผู้เรียนก่อน แต่จะมีการให้คำถาม หรือแก้ปัญหาที่ซ้ำแล้วซ้ำเล่า เพื่อให้ผู้เรียนตอบแล้วมีการให้คำตอบที่ถูกต้อง เพื่อการตรวจสอบยืนยันหรือแก้ไข และพร้อมกับการให้คำถามหรือปัญหาต่อไปอีก จนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาที่นั้นจนถึงระดับน่าพอใจ ดังนั้น ในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ ผู้เรียนจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอด และมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ เป็นร่อยางดีมาก่อนแล้ว จึงสามารถตอบคำถามหรือแก้ไขปัญหาได้ โปรแกรมบทเรียนการฝึกหัดนี้ จะสามารถใช้ได้ในหลายสาขาวิชาทั้ง

ทางด้านคณิตศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ วิทยาศาสตร์ การเรียนคำศัพท์ และการแปรภาษาเป็นต้น

2.3.4.3 สถานการณ์จำลอง (Simulation) การสร้างโปรแกรมบทเรียนที่เป็นสถานการณ์จำลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนซึ่งจำลองความเป็นจริงโดยตัดรายละเอียดต่าง ๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้ผู้เรียนได้มาศึกษานั้น เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้พบเห็นภาพจำลองของเหตุการณ์เพื่อการฝึกทักษะ และการเรียนรู้ได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงภัยหรือค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของ โปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองอาจประกอบไปด้วยการเสนอความรู้ข้อมูล การแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความชำนาญและความคล่องตัว และการให้เข้าถึงซึ่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ในบทเรียนจะประกอบไปด้วยสิ่งทั้งหมดเหล่านี้หรือมีเพียงอย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้ ในโปรแกรมบทเรียนสถานการณ์จำลองจะมีโปรแกรมบทเรียนย่อยแทรกอยู่ด้วย ได้แก่ โปรแกรมการสาธิต (demonstration) โปรแกรมนี้ไม่ใช่เป็นการสอนเหมือนโปรแกรมการสอนแบบธรรมดา ซึ่งเป็นการเสนอเนื้อหาความรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนทำกิจกรรม แต่โปรแกรมการสาธิตเป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเท่านั้น เช่น ในการเสนอสถานการณ์จำลองของระบบสุริยะจักรวาลว่ามีดาวนพเคราะห์อะไรบ้างที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ในโปรแกรมนี้ อาจมีการสาธิตแสดงการหมุนรอบตัวเองของดาวนพเคราะห์เหล่านั้นและการหมุนรอบดวงอาทิตย์ให้ชมด้วยดังนี้ เป็นต้น

2.3.4.4 เกมเพื่อการสอน (Instructional Games) การใช้เกมเพื่อการเรียนการสอน กำลังเป็นที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ได้โดยง่าย เราสามารถใช้เกมในการสอนและเป็นสื่อที่จะให้ความรู้แก่ผู้เรียนได้เช่นกันในเรื่องของกฎเกณฑ์ แบบแผนของระบบ กระบวนการทัศนคติ ตลอดจนทักษะต่าง ๆ นอกจากนี้การใช้เกมยังช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนรู้ให้ดีขึ้น และช่วยมิให้ผู้เรียนเกิดการเหม่อลอย หรือฝันกลางวันซึ่งเป็นอุปสรรคในการเรียน เนื่องจากมีการแข่งขันกันจึงทำให้ผู้เรียนต้องตื่นตัวอยู่เสมอ รูปแบบโปรแกรมบทเรียนของเกมเพื่อการสอนคล้ายคลึงกับบทเรียนสถานการณ์จำลอง แต่แตกต่างโดยการเพิ่มบทบาทของผู้แข่งขันเข้าไปด้วย

2.3.4.5 การค้นพบ (Discovery) การค้นพบเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูกหรือโดยวิธีการจัดระบบเข้ามาช่วย โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อมูลที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.6 การแก้ปัญหา (Problem – Solving) เป็นการให้ผู้เรียนฝึกคิด การตัดสินใจ โดยมีการกำหนดเกณฑ์นั้น โปรแกรมเพื่อการแก้ปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ โปรแกรมที่ให้ผู้เรียนเขียนเอง และโปรแกรมที่มีผู้เขียนไว้แล้วเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาถ้าเป็นโปรแกรมที่ผู้เรียนเขียนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดปัญหา และเขียนโปรแกรม สำหรับการแก้ปัญหานั้นโดยที่คอมพิวเตอร์จะช่วยในการคิดคำนวณ และหาคำตอบที่ถูกต้องในกรณีนี้คอมพิวเตอร์ จึงเป็นเครื่องช่วย เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุถึงทักษะ ของการแก้ปัญหาโดยการคำนวณข้อมูล และจัดการสิ่งที่ยุ่งยากซับซ้อนให้ แต่ถ้าเป็นการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมที่ผู้เขียนไว้แล้ว คอมพิวเตอร์จะทำกรคำนวณ ในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้จัดการกับปัญหาเหล่านั้นเอง

2.3.4.7 การทดสอบ (Tests) การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการทดสอบ มิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้นแต่ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกที่เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสามารถเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่า ๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียน มาเป็นการทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนหรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจกว่า พร้อมกันนั้นก็อาจเป็นการสะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนที่จะนำความรู้ต่าง ๆ มาใช้ในการตอบอีกด้วย (กิตานันท์ . 2536 : 187 – 191)

ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่เด่น ๆ หลายประการ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีข้อดีดังนี้

1. ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างอิสระ กำหนดหน้าไปตามอัตราการเรียนรู้ของตน ผู้เรียนที่มีอัตราการการเรียนรู้เร็วก็ไม่ต้องรอคนอื่นด้วยความเบื่อหน่าย วิชาครู ส่วนผู้เรียนที่มีอัตราการเรียนรู้ช้าก็ไม่ประสบปัญหาตามบทเรียนไม่ทัน ไม่วิตกกังวลต่อความรู้สึกของคนอื่น ๆ จึงมีความสบายใจในการเรียน
2. ผู้เรียนสามารถเลือกเวลาเรียนได้ตามที่ตนต้องการ ไม่จำเป็นต้องกำหนดเวลาตายตัว
3. ในบทเรียนที่สร้างขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนจะสามารถเลือกบทเรียนที่มีความเหมาะสมกับความต้องการและหรือสอดคล้องกับระดับความสามารถของตน คอมพิวเตอร์จะจดจำคำตอบของผู้เรียนให้คะแนนคำตอบ แล้วจัดให้ได้เรียนบทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนคนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้เรียนได้รับข้อมูลสะท้อนกลับ (feedback) ทันทีเป็นความเข้าใจและการเรียนรู้
5. สามารถใช้เทคนิคที่ดึงดูดความสนใจได้หลาย ๆ เทคนิคอย่างมีประสิทธิภาพไม่ว่าจะใช้เทคนิคเดียวกัน เช่น การแสดงด้วยเส้นกราฟ ดนตรี การใช้สี การใช้ภาพเคลื่อนไหว การใช้เสียงและการพูดตอบโต้กับผู้เรียน เป็นต้น
6. สามารถทำกิจกรรมที่ซับซ้อน จำลองสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทดลองกับข้อมูลหลายชนิด หลายแบบ แก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ คำนวณได้อย่างแม่นยำ จึงช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางและลุ่มลึก
7. เหมาะสำหรับการสอนทักษะที่เป็นงานเสี่ยงอันตรายในระยะต้น ๆ ของการฝึกทักษะนั้น เช่น การควบคุมการจราจร การขับเครื่องบิน เป็นต้น
8. เหมาะที่สุดสำหรับการเรียนรู้ที่ต้องการสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตจริง เช่น สภาวะไร้น้ำหนัก ความเฉื่อย เหตุการณ์ในประวัติศาสตร์ ซึ่งสามารถใช้การจำลองสถานการณ์คอมพิวเตอร์เสนอบทเรียนโดยปราศจากอารมณ์ ไม่มีความเหน็ดเหนื่อย ไม่แสดง อากา รเบื่อหน่าย

ปัญหาในการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน

มีนักศึกษายางท่านแสดงความคิดเห็นว่า การเรียนจากคอมพิวเตอร์จะทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น ปัญหาการติดต่อสื่อสารกับคนอื่น ๆ การใช้คอมพิวเตอร์สอนเกี่ยวกับจริยธรรม จะไม่ได้ผล เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นเป็นวิธีหนึ่งของการสอนซึ่งไม่ได้นำมาใช้แทนครูทั้งหมด เช่นเดียวกับถึงแม้ว่าจะมีตำราเรียนที่ดีเยี่ยม แต่ก็ยังจำเป็นต้องใช้ครูสอนอยู่ในปัจจุบัน

สื่อและเทคโนโลยีการสอน

สื่อการสอนหมายถึง สิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ ซึ่งครูและนักเรียนเป็นผู้ใช้ช่วยในการเรียนรู้ สื่อการสอนรู้จักกันในชื่อของไฮเทคทันสมัย ซึ่งเป็นการเรียกในลักษณะของสิ่งของ หรือเครื่องมือสำหรับสอน ปัจจุบัน สื่อการสอนมิได้จำกัดอยู่แต่เพียงเฉพาะในเรื่องของเครื่องมือ เช่น กระดานดำ เครื่องเทป บันทึกเสียงตลอดจนโทรทัศน์และคอมพิวเตอร์เท่านั้น

คุณลักษณะของผู้สร้างบทเรียน

เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม จึงควรเกิดจากความร่วมมือกันระหว่างบุคลากร 3 ฝ่าย คือผู้เชี่ยวชาญวิชา นักออกแบบการสอน และนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้เชี่ยวชาญวิชาจะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับความรู้ในเนื้อหาวิชาและความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียน นักออกแบบการสอน จะมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการวางแผนการสอนอย่างมีระบบและการไหลลื่นของการเรียนรู้ในระหว่างที่มีกระบวนการสอน ส่วนนักเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะอธิบายถึงสมรรถภาพของคอมพิวเตอร์ว่าจะทำอะไรได้บ้าง รวมทั้งเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามผู้เชี่ยวชาญวิชาและนักออกแบบการสอนได้วางแผนเอาไว้ กรณีที่จะทำการสร้างบทเรียนโดยบุคคลคนเดียวไม่ได้ทำเป็นกลุ่มคณะ ผู้สร้างบทเรียนจะต้องดำเนินบทบาททั้งสามด้านดังกล่าวนี้ จึงจะช่วยให้สามารถสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการสอนได้

2.4 การศึกษาโปรแกรมที่ใช้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คุณลักษณะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สร้างบทเรียน CAI

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่นำมาใช้สร้างบทเรียน CAI ประยุกต์มาจากโปรแกรมนำเสนอผลงาน (Presentation Software) ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทคือ

1. โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพนิ่ง (Slide Presentation Software)
2. โปรแกรมนำเสนอด้วยภาพเคลื่อนไหว (Animation Presentation Software)
3. โปรแกรมสื่อผสม (Multimedia or Interactive Video)

โปรแกรมภาพเคลื่อนไหว และโปรแกรมสื่อผสม เป็นสื่อในการนำเสนอที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ต้องมีโปรแกรม (Software) และอุปกรณ์ (Hardware) เพิ่มมากขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นเช่นเดียวกัน

การศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นประกอบด้วยโปรแกรมหลายโปรแกรมด้วยกัน คือ

2.4.1 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพ 3 มิติ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม 3D STUDIO MAX 3.1 , 4.2., 5

ความสามารถของโปรแกรม 3D Studio MAX ใช้ในการสร้างภาพกราฟฟิกทั้งในรูปแบบภาพนิ่งและภาพ ANIMATION ให้กับวัตถุต่างๆ มีลักษณะเป็น 3 มิติคือ มีทั้งความกว้าง ความยาว

และความลึกส่งผลให้ภาพที่ออกมาสมจริงสมจัง และบางครั้งเหนือความเป็นจริง เช่น ภาพบรรยากาศ ใต้น้ำ บรรยากาศในอวกาศ เป็นต้น ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมอื่นได้

- โปรแกรม MAYA 4.0

MAYA เป็นโปรแกรม คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างรูปทรง 3 มิติ (MODEL) ที่มีความสมบูรณ์ อีกทั้งโปรแกรมยังมีชุดคำสั่งมากมาย สามารถใช้งานได้สะดวก แต่ข้อเสียก็มีคือ ต้องทำงานกับระบบปฏิบัติการ (OPERATION SYSTEM) WINDOWS 2000 เท่านั้น

- โปรแกรม LIGHT WAVE 6.5-7.0

LIGHT WAVE เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้าง 3 มิติ (MODEL) ที่มีความสามารถสูงโปรแกรมหนึ่งเนื่องจากมีคำสั่งที่ใช้รับแต่งรูปในระดับ POLYGON จึงทำให้รูปทรง 3 มิติ ที่ได้ มีความสวยงามสมจริงมาก แต่ตัวโปรแกรมเองยอมมีข้อด้อย นั่นคือต้องทำงานบนระบบปฏิบัติการ (OPERATION SYSTEM) WINDOWS 2000 เท่านั้น อีกทั้งทั้งในขั้นตอนการทำงาน ก็ค่อนข้างยุ่งยากมาก

- โปรแกรม ULEAD cool 3d

ULEAD cool 3d เป็นโปรแกรมเฉพาะด้านที่ต้องการสร้าง text 3d และสามารถแปลงเป็นไฟล์ .gif ได้ด้วย e ไฟล์ gif คือ file movie clip ที่มีการเคลื่อนไหวของภาพและมีขนาดใหญ่

2.4.2 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพ 2 มิติ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม ADOBE PHOTOSHOP 6.0 - 7.0

PHOTOSHOP เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพตกแต่งภาพ 2 มิติ สามารถสร้างภาพได้ทั้งแบบ VECTOR และ RASTOR สามารถ EXPORT ไฟล์ ได้หลายรูปแบบเช่น JPEG GIP PSD เป็นต้น ตัวโปรแกรมเองมีการสร้างชุดข้อมูลสำเร็จรูป จึงทำให้ใช้งานได้ง่าย มีลูกเล่น (EFFECT) เพื่อใช้ในการตกแต่งภาพมากมาย

- โปรแกรม COREL DRAW 9 -10 -11

COREL DRAW โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างและตกแต่งภาพ 2 มิติ อีกทั้งยังมีลูกเล่นในการสร้าง TEXT EFFECT ในลักษณะต่างๆ มากมาย การปรับแต่งและใช้งานค่อนข้างง่ายมีการสามารถในการแปลงไฟล์เช่นเดียวกับโปรแกรม PHOTOSHOP ตัวโปรแกรมเองโดนโปรแกรมมาสำหรับสร้างงานด้วย TEXT DUCOMMENT ดังนั้นข้อเด่นคือการจัด มากกว่าตกแต่งภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรม ACDSEE 3.2 - 4.0

ACDSEE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการ PREVIEW ภาพต่างๆ ในลักษณะของ SLIDE แต่ในตัวโปรแกรมเอง และก็มี PLUGINS ที่ใช้ในการตกแต่งภาพ IMPORT และ EXPORT ภาพได้หลายแบบ ถึงตัว PLUGINS เอง จะแต่งภาพได้น้อยแต่ก็มีประโยชน์ ในการตกแต่งภาพที่ไม่ต้องการลูกเล่น (EFFECT) สะดวกต่อการใช้งานรวดเร็วและสวยงาม

- โปรแกรม IDEA WORKS 3D VECTA (3D) STANDALONE

VECTA STANDALONE เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงไฟล์ ภาพ 3DS (ไฟล์ที่เป็นโมเดล 3 มิติ) ให้เป็นภาพ 2 มิติที่สวยงามและสมบูรณ์ ตัวโปรแกรมเองสามารถภาพ 2 มิติ แบบปกติและสามารถ สร้างเป็นแบบ ANIMATION ได้อีกด้วย (AVI , SWF)

2.4.3 โปรแกรมที่ใช้ในสร้างภาพเคลื่อนไหว มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม MACROMEDIA FLASH 5 , MX

ความสามารถของโปรแกรม Macromedia FLASH เป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างเว็บได้เป็นอย่างดี อีกทั้งความสามารถของโปรแกรมที่สามารถสร้างงานแบบเป็นเว็บ Multimedia ที่สมบูรณ์แบบ กำหนดงานแบบภาพเคลื่อนไหว อีกทั้งมีความคล่องตัวในการสร้างเว็บอิสระไม่สลับซับซ้อนจนเกินไป

- โปรแกรม SWISH V.20

SWISH คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการสร้างงาน PRESENTATION ANIMATION ที่ใช้งานสะดวกลูกเล่นมีมากมาย ส่วนใหญ่จะใช้กับ TEXT FILE และสำหรับทำ TEXT ANIMATION มาก สามารถ IMPORT EXPORT หลายรูปแบบ

- โปรแกรม MACROMEDIA DIRECTOR 7-8

ความสามารถของโปรแกรม Macromedia Director โปรแกรมทำงานในเชิงกราฟิก ประกอบด้วยรูปภาพกราฟิก เสียงและการเขียนสคริปต์สำเร็จรูป

- โปรแกรม Macromedia Director เป็นซอฟต์แวร์สำหรับสร้าง Interactive Media สำหรับงานด้าน Presentation , CD – ROM และ Internet โดยการนำภาพเสียง และวีดีโอเข้ามา

รวมกัน แล้วการกำหนดทำงานของสื่อต่างๆที่นำเข้ามา (Behavior) เพื่อให้สามารถตอบโต้กับผู้ใช้ได้ (Interactive)

- โปรแกรม MACROMEDIA AUTHORWERE 6.5

ความสามารถของโปรแกรม Authorware By Example เป็นโปรแกรมนำเสนอชิ้นงานที่น่าสนใจคล้ายกับ Power Point แต่ต่างกันว่าโปรแกรมนี้ สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ดี เช่น การนำเสนอในผลงานต่างๆ บทเรียนสำเร็จรูป บทเรียนการ์ตูน เกมต่างๆ สร้างแบบทดสอบได้และเหมาะกับการนำเสนอผลงานหลายๆประเภท

- โปรแกรม ULEAD VIDEO EDITOR

ULEAD VIDEO EDITOR เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว ที่มีประสิทธิภาพ สามารถตัดต่อไฟล์ ได้หลายรูปแบบ เป็นต้น ข้อเด่นคือรูปแบบและลักษณะการใช้งานที่ง่ายและสะดวก

2.4.4 โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเสียงประกอบ มีรายละเอียดดังนี้คือ

- โปรแกรม VCD CUTTER

VCD CUTTER เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตัดเสียง โดยหลักแล้วโปรแกรมนี้ใช้เพื่อตัดต่อซึ่งเป็นการตัดต่อเสียงหรือนำเสียงมาต่อกัน แต่ก็มีตัวช่วยสำหรับแปลงให้เป็นไฟล์เสียงต่าง ๆ ได้ด้วยซึ่งใช้ง่ายสะดวกและรวดเร็ว

- โปรแกรม WINDOWS RECORDWINDOW RECORDER

เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างเสียงจากภายนอกเช่นการพูดบรรยาย ซึ่งจะต้องพูดผ่านไมโครโฟน เครื่องบันทึกเสียง จุดเด่นคือ สามารถใช้งานง่ายสะดวก แต่ก็มีข้อด้อยคือคุณภาพของเสียงไม่ค่อยชัดเจน

- โปรแกรม ULEAD SOUND EDITOR

ULEAD SUND EDITOR เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงไฟล์เสียง ตัดต่อเพิ่มเติมใส่ เสียงต่างๆ จุดเด่นคือ มีลูกเล่นค่อนข้างมาก จุดด้อยคือการใช้งานค่อนข้างสลับซับซ้อนมาก

- โปรแกรม MP3 TO WAVE CONVERTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MP3 TO WAVE CONVERTOR คือโปรแกรมที่ใช้สำหรับ แปลงไฟล์ MP ไปเป็นไฟล์ซึ่งจะทำให้เสียงของเรามีขนาดไฟล์ที่เล็กลง เมื่อเอาไปใช้งานและคุณภาพก็ไม่ได้ด้อยลงไปเลย จุดเด่นคือการใช้งานที่ค่อนข้างง่าย

- โปรแกรม GOLDWAVE

GOLDWAVE คือโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้างเสียง บันทึกเสียง และปรับแต่งเสียง ซึ่งลักษณะไฟล์เสียงที่ได้จะเป็นไฟล์ MP 3 และ ไฟล์ WAVE ซึ่งทำให้เสียงของเรามีขนาดไฟล์ที่เล็ก จากคุณสมบัติของตัวโปรแกรมเอง กรณีที่ต้องการคุณสมบัติต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความคมชัด ของเสียงระยะเวลาในการแสดงเสียงผู้ใช้งานสามารถกำหนดและศึกษาได้ด้วยตัวเองซึ่งคงจะเป็นการยากเกินไป เพื่อให้ได้เสียงที่มีคุณภาพที่ดีต่อไป

การเลือกโปรแกรมที่จะนำมาใช้ในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ประยุกต์สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นมีหลายบริษัทสร้างขึ้นและมีการพัฒนาอยู่เสมอจึงคุณสมบัติคล้ายคลึงกันแต่จะต่างกันเฉพาะรูปแบบเช่น Macromedia Authorware, Macromedia Flash, PC – Storyboard เป็นต้น

ซึ่งในการพิจารณาเลือกโปรแกรมที่จะนำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ควรคำนึงถึงหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้
2. สร้างภาพได้ง่าย
3. สร้างตัวอักษรภาษาไทย – อังกฤษได้
4. นำเสนอบทเรียนต่อเนื่องด้วยเทคนิคต่างๆได้
5. จับภาพจากโปรแกรมอื่นได้
6. นำโปรแกรมอื่นมาต่อร่วมได้
7. สร้างแบบทดสอบและวัดผลได้ในตัวของโปรแกรมเอง

จากการวิเคราะห์และทดสอบใช้โปรแกรม โปรแกรมที่น่าจะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Macromedia Authorware ซึ่งเป็นคุณสมบัติครบถ้วนง่ายต่อการพัฒนาและสามารถสร้างแบบทดสอบ ประมวลผลผลสอบได้ในโปรแกรมเอง อีกทั้งยังสามารถต่อร่วมใช้กับโปรแกรมอื่นได้

2.5 การศึกษาการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียน CAI ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. สร้างภาพ (Graphic) ได้
2. สร้างอักษร (Text) ได้
3. นำเสนอบทเรียนแบบต่อเนื่องได้
4. ทำแบบทดสอบได้
5. การจำและนำไปใช้

ขั้นตอนของการออกแบบบทเรียน CAI

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปเป็นหลักในการออกแบบเรียน CAI เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีที่สุด

โดยกระบวนการเรียนการสอน 9 ขั้นของ Gagne คือ

1. ได้รับความสนใจ
2. บอกวัตถุประสงค์
3. ทวนความรู้เดิม
4. เสนอเนื้อหาใหม่
5. ชี้แนวทางการเรียนรู้
6. กระตุ้นการตอบสนอง
7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ
8. ทดสอบความรู้

2.5.1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรายวิชา อุปรกรณ์อาคาร 1 เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับดังนี้

2.5.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ และวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ศึกษาจาก วารสาร ตำรา ผลงานที่เกี่ยวข้อง และคู่มือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 98, 2000, XP, me เพื่อให้เป็นสื่อแนะนำเนื้อหาทฤษฎีวิชาสภาวะแวดล้อม 1 เรื่อง การป้องกันความร้อนและแสงแดด โดยใช้เวลาประมาณ 50 นาที

2.5.1.2 ศึกษาเนื้อหา ศึกษาจากในหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวดำเนินการ จุดประสงค์ของกลุ่มวิชาชีพ และคำอธิบายรายวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 สาขาวิชา ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นวิชาบังคับและกำหนดให้นักศึกษาได้ศึกษา

เนื้อหาที่จัดในรายวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " จัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่น่าสนใจเรื่องหนึ่ง ในรายวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 ทั้งนี้จากการศึกษาเนื้อหาได้สัมพันธ์กับการเรียน ตามหลักสูตร เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " ซึ่งตัวผู้ทำการวิจัยเองเล็งเห็นว่า การสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรเห็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงๆ จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ปัญหา คือ เนื้อหาที่เป็นการบรรยายและรูปภาพหนึ่งประกอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ดังนั้น การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากการเป็นการจำลองให้ผู้เรียนเห็นลักษณะของธรรมชาติที่เกิดขึ้นจริง และบางสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ อีกประการหนึ่ง คือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการประหยัดเวลาในกระบวนการเรียนการสอนของทั้งผู้เรียน และผู้สอนด้วย

การวิเคราะห์ผู้เรียน ผู้เรียนเป็นนักศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

การวิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นส่วนย่อย จากการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง " ระบบป้องกันฟ้าผ่า " ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเนื้อหาแยกเป็นหัวข้อ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า
 - 1.1 การเกิดประจุในก้อนเมฆ
 - 1.2 กระบวนการเกิดฟ้าผ่า
2. พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
 - 2.1 กระแส
 - 2.2 ศักดาไฟฟ้า
 - 2.3 รูปร่างของคลื่น
 - 2.4 ขั้วและประจุ (Polarity of lightning current)
 - 2.5 ความถี่ในการเกิด
 - 2.6 ระยะฟ้าผ่า (Striking distance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลจากฟ้าผ่า

- 3.1 ผลทางด้านความร้อน
- 3.2 ผลทางด้านแรง
- 3.3 ผลทางด้านไฟฟ้า

4. อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต

- 4.1 การถูกฟ้าผ่าโดยตรง (Direct strike)
- 4.2 การเกิดแรงดันสัมผัส (Contact voltage)
- 4.3 การเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง (Side flash)
- 4.4 การเกิดแรงดันก้าว (Step voltage)

5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า

- 5.1 การพิจารณาออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบตัวนำล่อฟ้า
- 5.2 ขอบเขตของการป้องกัน (Zone of Protection)

6. การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

- 6.1 สายล่อฟ้า
- 6.2 สายนำลงดิน
- 6.3 รากสายดิน

จิตวิทยาของสี (COLOR PSYCHOLOGY)

ในเลือกใช้สีกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น จำเป็นต้องอาศัยหลักการและศึกษาถึงความรู้สึกของมนุษย์ที่มีต่อสีแต่ละสีเสียก่อน ซึ่งการเลือกสีถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ ถึงแม้ว่าจะเป็นเพียงรายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ ที่จะช่วยเสริมสร้างความน่าสนใจให้กับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้และเป็นส่วนช่วยกระตุ้นในการขอต้องการที่จะเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

ตัวอย่างสีที่มีปฏิกิริยาต่อความรู้สึกของมนุษย์โดยตรง

- สีเทา ให้ความรู้สึกเคร่งขรึม สุขภาพ ผู้ตี เรียบร้อย เงียบสงบ
- สีดำ ให้ความรู้สึก ลึกลับ มีด ทุกข์โศก น่ากลัว ให้ความแข็งแรง มีพลัง
- สีขาว ให้ความรู้สึกตื่นเต้น เร้าใจ ดีใจ สนุก อันตราย เบิกบาน ต้อนรับ อบอุ่น
รบกวนไม่สบายแทรกอยู่
- สีแดง ให้ความรู้สึก เปรี๊ยะ ร่าเริง ดีใจ มีอำนาจ ชักจูง ความมั่นคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สีแดง ให้ความรู้สึก มั่งคั่งสมบูรณ์ ความสวย ความสุข ตี้อร่า ทำท่าย กระตุ้น ความหวาน ความอบอุ่น กระตือรือร้น ร้อน คุร้าย แรงกล้า
- สีน้ำเงิน ให้ความรู้สึกสุภาพ ถ่อมตน หนักแน่น เยือกเย็น สุขุม ปลอดภัย
- สีม่วง ให้ความรู้สึก ในด้านความรัก ความเศร้า สง่างาม คงสภาพ มีฐานันดรศักดิ์ ลึกลับ มั่นคง
- สีเขียว ให้ความรู้สึก ไร่รื่น สดชื่น กระชุ่มกระชวย สุขุม เยือกเย็น สันติ

การศึกษาลักษณะของสีที่มีผลต่อความรู้สึก

- สีแดง ให้ความรู้สึกมั่นคงสมบูรณ์ ขวนหลุมหลง การใช้สีสีแดง เพียงเล็กน้อยก็จะทำให้เป็นตัวเด่น สีแดงไม่เพียงทำให้รู้สึกตื่นเต้นเท่านั้น แต่ยังให้ความรู้สึกเร้าใจได้เหมือนกัน นอกจากนั้นยังสามารถจะเป็นภัยทางด้านจิตวิทยาได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น จุดที่เป็นปุ่ม ทางออก ปิด คำเตือน เป็นต้น
- สีเหลือง ให้ความรู้สึกไร่รื่น สดใส สีเหลืองอ่อนจะให้ความรู้สึกของความสะอาด ความสว่าง สีเหลืองเข้มมากจะทำให้สมองเกิดความหงุดหงิดได้ สีเหลืองที่ใกล้ไปทางสีส้ม จะมองดูคล้ายของเทียม เร้าความสนใจไม่น้อย สีเหลืองนย (BUTTER YELLOW) จะทำให้ดูรู้สึกสว่างขึ้น สีเหลืองเขียว(YELLOW GREEN) ช่วยให้เย็น สบายตามากขึ้น
- สีเขียว ไม่ทำให้ลวงตาเวลามอง ไม่ควรใช้กับสีแดงในจำนวนที่เท่ากัน สีเขียวให้ความสดชื่น กระชุ่มกระชวยเสมอ และใช้พักสายตาได้โดยธรรมชาติ จะใช้สีเขียวเป็นสีที่ส่งเสริมทุกๆสีให้ดูสดใสนั้น สีเขียวสมควรใช้ในการสร้างความรู้สึกสงบ
- สีน้ำเงิน สีน้ำเงินเข้มให้ความรู้สึกสงบ และลึกลับ น้ำเงินอ่อน เช่นน้ำเงินหรือฟ้าที่มีความสดใของสีเขียวอยู่ด้วย แม้ว่าจะปราศจากตัวสีเขียวก็ตาม แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มาก ก็จะทำให้รู้สึกสลด ไม่เบิกบาน
- สีกลุ่มดำ เทา ขาว เรียกว่าสีเอกรงค์ ไม่ควรใช้รวมกันระหว่างแมสี(น้ำเงิน เหลือง แดง)
- สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาด บริสุทธิ์ จะใช้ในส่วนที่เป็นความรู้สึกปกติ ซึ่งรู้สึกเรียบร้อย สดชื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีดำ การใช้สีดำบ้าง ขาวบ้าง ในพื้นที่ร่วมกับสีอื่นๆ จะทำให้เกิดความรู้สึก กระปรี้กระเปร่า และทำให้เกิดความมีชีวิตชีวา ร่าเริง ใช้เป็นตัวช่วยสร้างความสนใจ และกระตุ้นให้เกิดการตื่นตัวได้

2.6. การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นภา คงดี (2544 : 102) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบขนส่งแนวตั้ง ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) สถาบันคฤหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

สมบัติ น้อยประเสริฐ (2532 : 43 – 44) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมประกอบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การใช้ซอฟต์แวร์ Auto cad ช่วยในการเขียนแบบ ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ป.ว.ส.) ปรากฏว่า บทเรียนโปรแกรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (96.96/84.55) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 80/80

ไพโรจน์ บัญช่วย (2535 : 52) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีการเสนอภาพ 3 มิติ ต่างกัน 2 แบบ ทำการทดลองกับนักศึกษา 2536 จำนวน 70 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ systematic sampling ผลการวิจัยปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบภาพ ซึ่ในงาน 3 มิติ แบบหมุนสูงกว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบภาพ ซึ่ในงาน 3 มิติ แบบคงที่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

สีบศักดิ์ พันธุ์ไพโรจน์ (2536 : 55-57) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลอง ที่มุ่งเน้นศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสอนวิชา การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยทำการทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส . ปีที่ 2 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ)จำนวน 38 คน ผลการ

ทดลองการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดทดลองเท่ากับ 85.46/89.22 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดคือ 80/80

ธรรมนูญ นิลวรรณ (2537 : 53-54) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ความแตกต่างทางการเรียนของนักเรียนที่มีบุคลิกภาพต่าง โดยใช้บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาการเขียนภาพฉาย เรื่องการเขียนภาพไอโซเมตริกที่มีส่วนโค้งวงกลมประกอบกลุ่มทดลองใช้ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 วิชาออกแบบ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคพายัพ (เจ็ดยอด) เชียงใหม่ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2537 ซึ่งไม่เคยเรียนเนื้อหาเนื้มาก่อน 90 คน แบ่งกลุ่มทดลองเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้แบบทดสอบบุคลิกภาพ m.p.i. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยของกลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มปรากฏผลดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของกลุ่มบุคลิกภาพแบบแสดงตัว (กลุ่มทดลองที่ 1) สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ที่มีบุคลิกภาพแบบปกติ (กลุ่มทดลองที่ 2) และสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่มีบุคลิกภาพแบบเก็บตัว (กลุ่มทดลองที่ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .0.5 หรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของกลุ่มบุคลิกภาพปกติ (กลุ่มทดลองที่ 2) แตกต่างจากกลุ่มบุคลิกภาพเก็บตัว (กลุ่มทดลองที่ 3) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ .0.5 หรือไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) วัตถุประสงค์เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้ คือ

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมวิทยาลัยเทคนิคดุสิต กรุงเทพมหานคร ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส 3108-2015 ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 20 คน

ประชากร คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส 3108-2015 ในภาคเรียนที่ 2 จำนวน 20 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ปีการศึกษา 2546 แผนกวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคดุสิต กรุงเทพฯ และวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 40 คน โดยแบ่งออกเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลอง 2 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน ด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบบทดสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.3 แบบประเมินคุณภาพบทเรียนสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 รหัส (3108-2015) เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ตามลำดับดังนี้

3.2.1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ และวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จาก วารสาร ตำรา ผลงานที่เกี่ยวข้อง และคู่มือการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 98, 2000, XP, me เพื่อใช้เป็นสื่อนำเสนอเนื้อหาทฤษฎีวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยใช้เวลา 50 นาที

3.2.1.2 ศึกษาเนื้อหาในหลักสูตร หลักการ จุดมุ่งหมาย แนวดำเนินการ จุดประสงค์ของกลุ่มวิชาชีพ และคำอธิบายรายวิชา วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ซึ่งเป็นวิชาชีพสาขาวิชาและกำหนดให้นักศึกษาได้ศึกษา

เนื้อหาที่จัดในรายวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า จัดเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่น่าสนใจเรื่องหนึ่ง ในวิชา อุปกรณ์อาคาร 1 ทั้งนี้จากการศึกษาเนื้อหาได้สัมพันธ์กับการเรียน ตามหลักสูตร เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งตัวผู้ทำการวิจัยเองเล็งเห็นว่า การสอนที่ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ที่ดี ผู้เรียนควรเห็นจากของจริงจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ปัญหา คือ เนื้อหาที่เป็นการบรรยายและรูปภาพหนึ่งประกอบเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ ดังนั้น การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า จึงมีความเหมาะสมเนื่องจากการเป็นการจำลองให้ผู้เรียนเห็นสถานะเสมือนของจริง อีกประการหนึ่ง คือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการประหยัดเวลาในกระบวนการเรียนการสอนของทั้งผู้เรียนและผู้สอนด้วย

วิเคราะห์ผู้เรียน ผู้เรียนเป็น นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม

วิเคราะห์เนื้อหาแยกเป็นส่วนย่อย จากการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการกำหนดเนื้อหาแยกเป็นหัวข้อ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

1.1 การเกิดประจุในก้อนเมฆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.2 กระบวนการเกิดฟ้าผ่า
2. พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
 - 2.1 กระแส
 - 2.2 ศักดาไฟฟ้า
 - 2.3 รูปร่างของคลื่น
 - 2.4 ขั้วและประจุ (Polarity of lightning current)
 - 2.5 ความถี่ในการเกิด
 - 2.6 ระยะฟ้าผ่า (Striking distance)
3. ผลจากฟ้าผ่า
 - 3.1 ผลทางด้านความร้อน
 - 3.2 ผลทางด้านแรง
 - 3.3 ผลทางด้านไฟฟ้า
4. อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต
 - 4.1 การถูกฟ้าผ่าโดยตรง (Direct strike)
 - 4.2 การเกิดแรงดันสัมผัส (Contact voltage)
 - 4.3 การเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง (Side flash)
 - 4.4 การเกิดแรงดันก้าว (Step voltage)
5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า
 - 5.1 การพิจารณาออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบตัวนำล่อฟ้า
 - 5.2 ขอบเขตของการป้องกัน (Zone of Protection)
6. การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า
 - 6.1 สายล่อฟ้า
 - 6.2 สายนำลงดิน
 - 6.3 รากสายดิน

3.2.1.3 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม จากการประมวลการสอน ความคาดหวังให้ผู้เรียน เกิดกระบวนการเรียนรู้ และทักษะต่างๆ หลังจากเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว ดังนี้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นศ.สามารถอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของการเกิดฟ้าผ่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. นศ.สามารถอธิบายพารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
3. นศ.สามารถอธิบายผลของการเกิดฟ้าผ่าได้
4. นศ.สามารถอธิบายถึงอันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต
5. นศ.สามารถอธิบายถึงหลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบฟาราเดย์
6. นศ.สามารถนำหลักการการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าไปใช้ได้

3.2.1.4 นำเนื้อหาหมาเขียน STORY BOARD เพื่อกำหนดแนวทางการดำเนินเรื่อง
ของเนื้อหาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น จะนำเสนอโดยแบ่งเนื้อหารายละเอียด ให้สอดคล้องกับ
จุดประสงค์ เรียงลำดับตามเนื้อหาหัวข้อ กำหนดภาพ และการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับ
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยสร้างเป็นแผนผังว่าจะให้บทเรียนมีการทำงานแบบใด แล้วนำ STORY
BOARD ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทตรวจสอบ
พิจารณาความถูกต้อง เหมาะสม เพื่อปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องให้ถูกต้อง

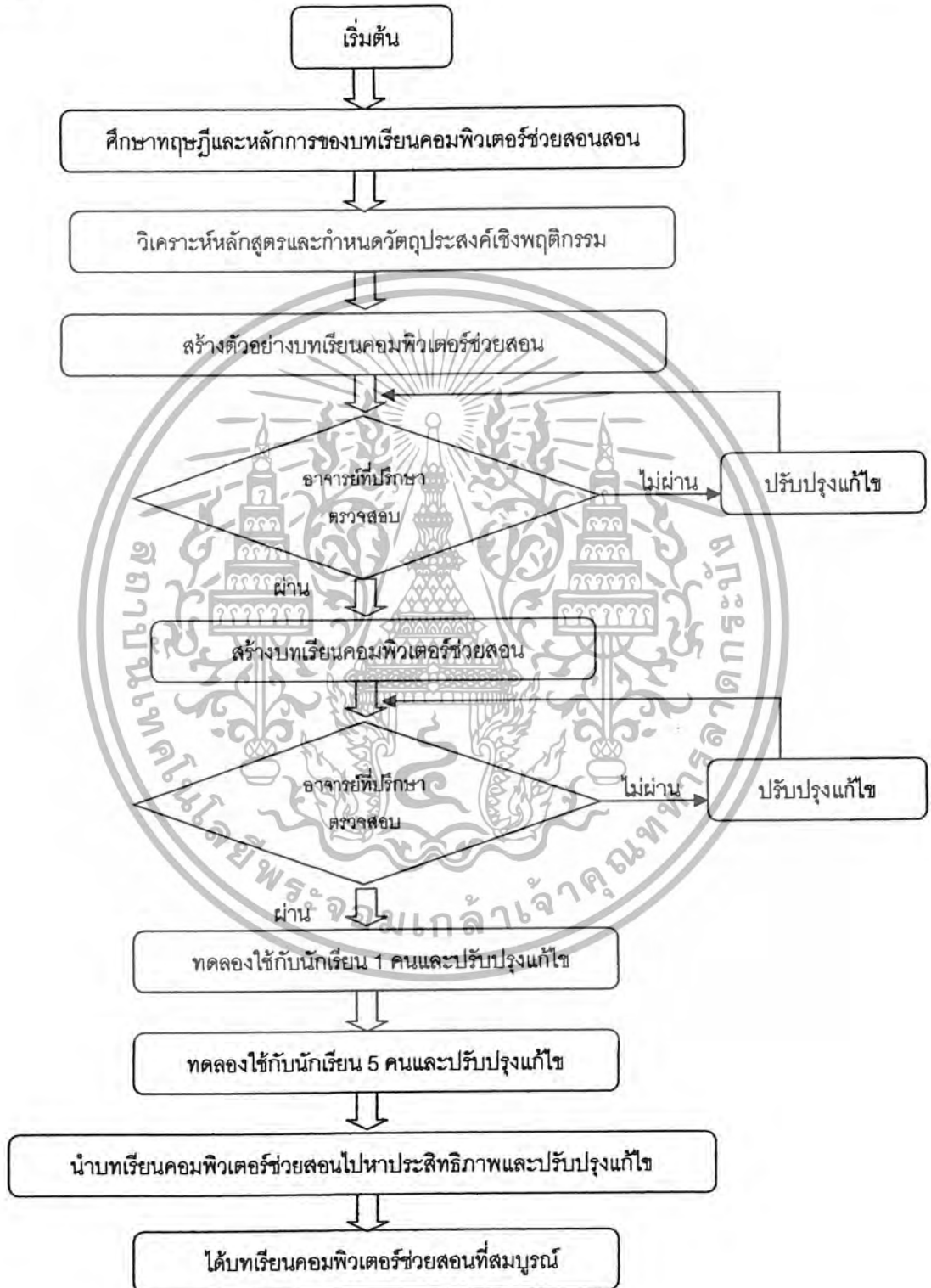
3.2.1.5 วิธีการสร้างบทเรียน

1. ออกแบบในการนำเสนอ ผู้วิจัยได้เลือกการนำเสนอแบบเชิงเส้น
(LINEAR PROGRAM) ซึ่งบทเรียนจะเป็นลักษณะ Tutorial ซึ่งประกอบไปด้วยเนื้อหาบทเรียน
และแบบทดสอบ
2. สร้างแผนภูมิการนำเสนอ (FLOW PRESENTATION CHART) เพื่อ
แสดงรูปแบบและลำดับขั้นการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนำเสนอเนื้อหาที่ได้กำหนด
รูปแบบไว้แล้วมาเขียนกรอบเนื้อหา ที่จะกรอบโดยเขียนเป็นบทสคริปไว้ก่อน
3. นำเนื้อหาบทสคริปที่กำหนดไว้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาตรวจสอบ
ความถูกต้อง ก่อนที่จะทำการสร้างจริง
4. จัดหาเสียงประกอบ ภาพนิ่ง และโปรแกรมที่สนับสนุนการสร้าง
บทเรียน
5. สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยอาศัย
โปรแกรม MICROMEDIA AUTHORWARE 6 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอน
6. จัดทำเอกสารคู่มือสำหรับการใช้งานบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
สำหรับผู้เรียน และผู้ควบคุมระบบคอมพิวเตอร์
7. นำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่ออาจารย์ผู้ควบคุมปริญญา
โท และผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง เพื่อหาข้อบกพร่อง และแก้ไขจนสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์แล้วไปทดสอบกับกลุ่ม

ตัวอย่าง



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

3.2.2.1 ศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3.2.2.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของเนื้อหาบทเรียน แล้วสร้างตารางวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบทดสอบ ให้มีความเที่ยงตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรม

3.2.2.3 ในการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้พิจารณาความสำคัญของเนื้อหาในแต่ละเรื่อง เพื่อสร้างข้อสอบให้มีความครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์ โดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาเป็นผู้ประเมิน และแก้ไข ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงการวัดระดับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จากการวิเคราะห์

วัตถุประสงค์	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				จำนวนข้อ	น้ำหนักร้อยละ
	รู้-จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	การวิเคราะห์		
1. นศ.สามารถอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของการเกิดฟ้าผ่าได้	3	2	-	1	5	25
2. นศ.สามารถอธิบายพารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า	2	2	-	1	5	25
3. นศ.สามารถอธิบายผลของการเกิดฟ้าผ่าได้	1	2	-	2	5	25
4. นศ.สามารถอธิบายถึงอันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต	1	2	2	-	5	25
5. นศ.สามารถอธิบายถึงหลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบฟาราเดย์	1	1	2	1	5	25
6. นศ.สามารถนำหลักการการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าได้	-	-	2	3	5	25
รวม	8	9	6	7	30	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อนำไปสู่การสร้างจำนวนข้อสอบ ใน
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถสรุป
เป็นจำนวนข้อสอบ ตามลักษณะการวัดผลดังต่อไปนี้

1) วัดความรู้ความจำ	จำนวน	8	ข้อ
2) วัดความเข้าใจ	จำนวน	9	ข้อ
3) การนำไปใช้	จำนวน	6	ข้อ
4) การวิเคราะห์	จำนวน	7	ข้อ
รวมทั้งหมด	จำนวน	30	ข้อ

จากจำนวนข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ สามารถแบ่งข้อทดสอบตามเนื้อหาบทเรียน ได้ดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า	5
2. พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า	5
3. ผลจากฟ้าผ่า	5
4. อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต	5
5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า	5
6. การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า	5
รวม	30 ข้อ

3.2.2.4 สร้างแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยให้ครอบคลุมเนื้อหา
และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน จำนวน 30 ข้อ

3.2.2.5 นำแบบทดสอบไปหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน
พิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน โดยกำหนดคะแนนความ
สอดคล้อง คือ ข้อที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้คะแนนเท่ากับ +1 ถ้าไม่สอดคล้องกับ
วัตถุประสงค์ให้คะแนนเท่ากับ -1 และถ้าไม่แน่ใจจะให้คะแนนเท่ากับ 0 นำผลที่ได้ไปคำนวณหา
ค่าความสอดคล้อง (IOC)

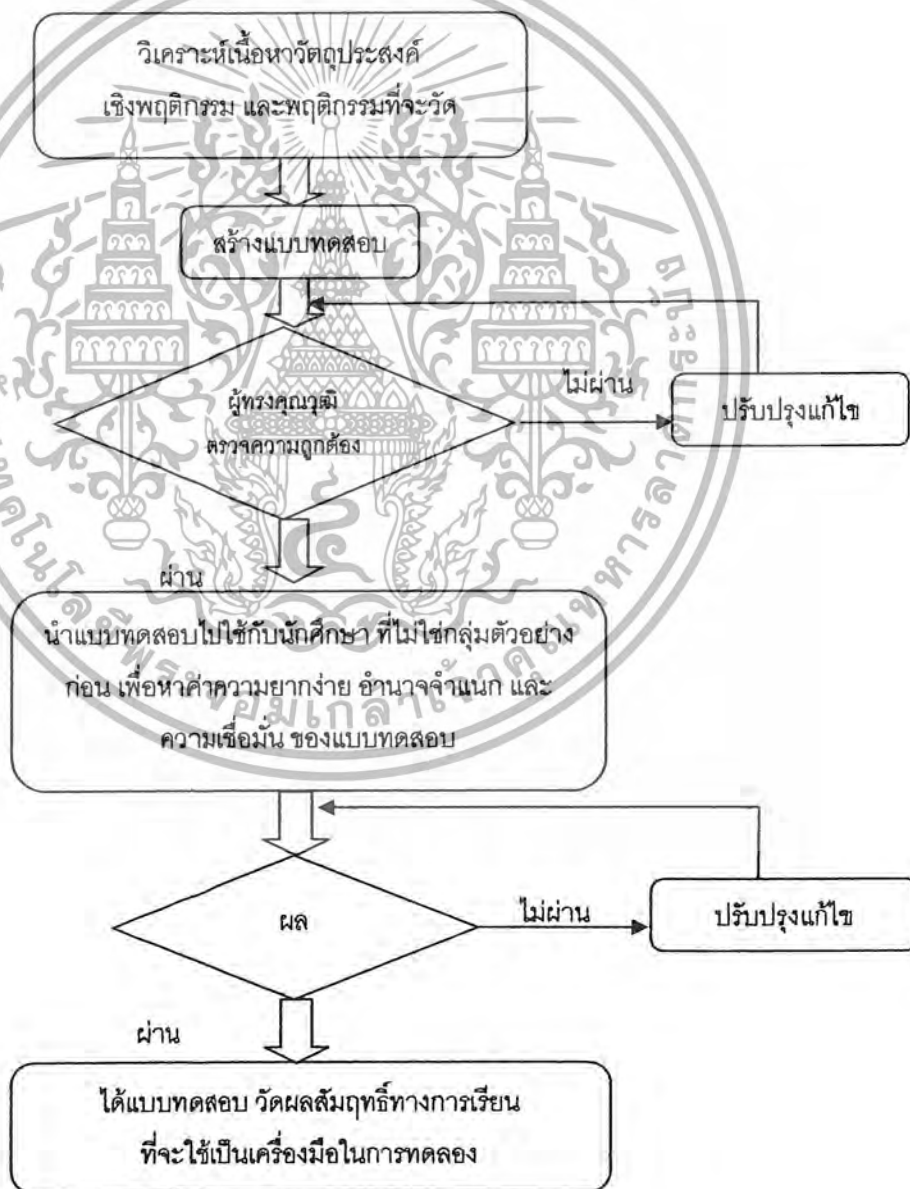
3.2.2.6 ผลการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของข้อสอบ ถ้าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง
+0.8 ถึง +1 หมายความว่าข้อสอบทั้ง 30 ข้อ มีค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

3.2.2.7 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองกับนักศึกษาระดับ ปวส. 2
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ที่โรงเรียนวิชาอุปถัมภ์อาคาร 1 และการตรวจให้คะแนน โดยข้อที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบถูกให้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิด ข้อที่ไม่ตอบ หรือข้อที่ตอบมากกว่าหนึ่งตัวเลือกในข้อเดียวกัน ให้ 0 คะแนน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.2.2.8 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (ค่า p) ค่าอำนาจจำแนก (ค่า r) ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกที่เป็นบวกไม่น้อยกว่า 0.20 และคัดเลือกข้อสอบไว้ใช้เป็นแบบทดสอบจำนวน 30 ข้อ นำไปหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder – Richardson ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 8.60



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.3 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินสื่อการสอน โดยได้แบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินด้านเนื้อหา และแบบประเมินด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ตามขั้นตอน ดังนี้

กำหนดหัวข้อที่จะประเมิน แล้วออกแบบการประเมินสื่อ ทั้งด้านเนื้อหา และเทคนิคการผลิตสื่อ ได้แบ่งเรื่องที่จะประเมินออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา และการนำเสนอ
2. ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ
3. ด้านเวลา

การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้นำบทเรียนด้านเนื้อหาที่ผสมบุรณีย์เรียบร้อยแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 1 ท่าน เพื่อประเมินด้านเนื้อหา ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ และด้านเวลาเพื่อพัฒนาความเหมาะสมด้านคุณภาพ โดยเกณฑ์การยอมรับคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 ระดับ

ระดับ	5	=	คุณภาพดีมาก
ระดับ	4	=	คุณภาพดี
ระดับ	3	=	คุณภาพปานกลาง
ระดับ	2	=	คุณภาพพอใช้
ระดับ	1	=	คุณภาพควรปรับปรุง

เกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ

คะแนนเฉลี่ย	4.55 – 5.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.55 – 4.54	หมายถึง	มีคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	2.55 – 3.54	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง

3.2.4 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า นำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน 2 ท่าน ทำการประเมิน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อเปรียบเทียบเป็นคะแนนแบบอิงเกณฑ์ ได้ผลของเกณฑ์เป็นการ
แสดงความคิดเห็น สรุปได้ผลตามที่แสดงในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเนื้อหา

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	✓				
1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา		✓			
1.3 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา	✓				
1.4 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา			✓		
1.5 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง		✓			
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำบรรยาย		✓			
2.2 ความถูกต้อง และเหมาะสมของภาษาที่ใช้		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.4 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	✓				
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด		✓			
รวม	20	28	3		
ค่าเฉลี่ยรวม	4.25				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน คือ

- 1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์แบบประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเนื้อหาค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.25 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพ
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา		✓			
1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบหรือวิธีการสอน			✓		
1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	✓				
1.4 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.5 เนื้อหาเหมาะสมในการใช้คอมพิวเตอร์	✓				
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง			✓		
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในด้านการสื่อความหมาย		✓			
2.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.3 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.4 ความเหมาะสมของสี ที่ใช้ในการนำเสนอ	✓				
2.5 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	✓				
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด		✓			
รวม	30	24	3		
ค่าเฉลี่ยรวม	4.38				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน...1. ท่าน คือ

1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์แบบประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.38 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้
พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพ
ด้านแบบทดสอบ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1.ความสอดคล้องของเนื้อหาวิชากับจุดประสงค์ของการเรียนรู้		✓			
2.ความถูกต้องของข้อสอบ		✓			
3.ความเหมาะสมของการใช้ภาษา		✓			
4.ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์	✓				
5.ความเหมาะสมในการใช้ภาพประกอบ			✓		
ค่าเฉลี่ยรวม			4		

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านสถิติและแบบทดสอบ จำนวน 1 ท่าน คือ

- 1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

จากการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา
ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิต และผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบทดสอบ จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25
และ 4.38 และ 4 ตามลำดับ เมื่อนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมได้เท่ากับ 4.21 นำมาเปรียบเทียบกับ
เกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

3.3 การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง ได้มีการดำเนินการดังนี้

3.3.1 ทำหนังสือขออนุญาตจากบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล และดำเนินการทดลองให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

3.3.2 ติดต่อทางวิทยาลัยเทคนิค เพื่อขออนุญาตทำการทดลองเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทำการวิจัย

3.3.3 ก่อนทำการทดลอง ผู้วิจัยต้องตรวจสอบความเรียบร้อยของห้องเรียน รวมทั้งตรวจสอบเครื่องมือที่จะใช้ เช่น การตั้งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ให้พร้อมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้เครื่องได้ทันที

3.3.4 ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre – test)

3.3.5 ให้ผู้เรียนได้ศึกษาเนื้อหาวิชาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้ผู้เรียนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 คนต่อ 1 เครื่อง โปรแกรมจะบันทึกผลคะแนน การทำแบบทดสอบท้ายบทของผู้เรียน

3.3.6 เมื่อศึกษาเนื้อหาจบให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post – test) โดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน แต่สลับข้อคำถาม และข้อคำตอบ

3.3.7 นำผลคะแนนที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบผลตามวิธีทางสถิติ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ผลแบบประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา 1 ท่าน
- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านการเทคนิคผลิต 1 ท่าน
- แบบประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านแบบทดสอบ 1 ท่าน

3.4.2 การวิเคราะห์หาความยากง่าย และหาอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (ค่า P) ,(ค่า R)

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20)

3.4.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E_1 / E_2)

3.4.5 การวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การวิเคราะห์ผลแบบประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า ได้ทำหารพัฒนาขึ้นโดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาประเมินคุณภาพของสื่อจำนวน 1 ท่าน แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา 1 ท่าน และด้านเทคนิคการผลิตสื่อ 1 ท่าน ค่าเฉลี่ยรวมที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาและด้านเทคนิคการผลิตสื่อ ซึ่งใช้วิธีวิเคราะห์ผลโดยคำนวณหา ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามหลักสถิติโดยอาศัยสูตรคำนวณ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 95)

$$\bar{X} = \frac{\sum fx}{N} \text{ เมื่อ}$$

$$\bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$f = \text{ค่าความถี่}$$

$$X = \text{ระดับคะแนน}$$

$$N = \text{จำนวนคน}$$

นำค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้ (Best, 1970 : 179 – 187)

ระดับ	4.55 – 5.00	หมายถึง	ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ	3.55 – 4.54	หมายถึง	ระดับคุณภาพดี
ระดับ	2.55 – 3.54	หมายถึง	ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ	1.55 – 2.54	หมายถึง	ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ	1.00 – 1.54	หมายถึง	ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

ในการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กำหนดเกณฑ์ประเมินต้องอยู่ในระดับไม่ต่ำกว่า 3.55 จึงถือยอมรับได้ว่า สื่อนั้นมีประสิทธิภาพ

3.4.2 การวิเคราะห์หาความยาก-ง่าย และหาอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ

3.4.2.1 การหาค่าความยาก-ง่ายใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 81)

สูตรค่าความยากง่าย

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

$$N$$

โดยที่ P = แทนระดับความยากง่ายของคำถามแต่ละข้อ

R = จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N = จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

นำค่าที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสอบที่มีค่า เท่ากับ 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นมีความยากปานกลางพอดี

ข้อสอบที่มีค่า ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นค่อนข้างไปทางยาก

ข้อสอบที่มีค่า สูงกว่า 0.05 แสดงว่า ข้อสอบนั้นค่อนข้างไปทางง่าย

ข้อสอบที่มีค่า ต่ำกว่า 0.20 แสดงว่า ข้อสอบนั้นยากเกินไป

ข้อสอบที่มีค่า สูงกว่า 0.20 แสดงว่า ข้อสอบนั้นง่ายเกินไป

ข้อสอบที่มีความยากง่ายปานกลางคืออยู่ในช่วงประมาณ 0.20 – 0.80

3.4.2.2 การหาค่าอำนาจจำแนก ใช้สูตร ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด. 2535 : 81)

$$\text{สูตรค่าอำนาจจำแนก } r = \frac{R_u - R_L}{N/2}$$

โดยที่ r = ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

R_u = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง

R_L = จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน

N = จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดคือมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.40 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีมาก

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.30 – 0.39 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกดีพอควร

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.20 – 0.29 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกพอใช้

ถ้าค่าอยู่ในช่วง 0.00 – 0.19 ขึ้นไป หมายถึง เป็นข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกน้อย

3.4.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR - 20)

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ใช้สูตร KR - 20 ของ Kuder - Richardson

(พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 123) เครื่องมือชุดนี้ต้องวัดลักษณะเดียวกันและมีระบบการให้

คะแนน คือตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน สูตรนี้ต้องหาสัดส่วนของคนทำผิดและคนที่

ทำถูกในแต่ละข้อด้วย

$$\text{สูตร KR - 20 } r_{11} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

โดยที่ n = จำนวนข้อสอบ

P = สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

Q = สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิดในแต่ละข้อ ($1 - p$)

S_t^2 = ความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น + 1 แสดงว่า มีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด คะแนนที่ได้จากแบบสอบถามนี้เชื่อถือได้

แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น 0 หรือเข้าใกล้กับ 0 แสดงว่าแบบทดสอบนี้ไม่มีค่าความเชื่อมั่น คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบฉบับนี้เชื่อถือไม่ได้

แบบทดสอบที่มีค่าความเชื่อมั่นเป็น - 1 แสดงว่าแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นต่ำ ไม่ควรนำมาใช้เป็นแบบทดสอบ

3.4.4 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (E_1 / E_2)

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ทำได้โดยนำผลการทดสอบหลังเรียนมาเปรียบเทียบกับผลการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรการหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2520 : 136)

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

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

โดยที่ E_1 = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบฝึกหัดคิดเป็นร้อยละ

E_2 = คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนที่ตอบถูกจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ

\sum = คะแนนที่รวมที่ตอบถูกของแบบฝึกหัด

$\sum F$ = คะแนนรวมที่ตอบถูกของแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

3.4.5 การวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ

คะแนน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 138)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\text{สูตร } \bar{X} = \frac{\sum fx}{N}$$

โดยที่ \bar{X} = ค่าเฉลี่ย

$\sum fx$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N = จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

3.4.5.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$$\text{สูตร } S.D. = \sqrt{\frac{\sum fx^2}{N} - \left[\frac{\sum fx}{N} \right]^2}$$

โดยที่ $\sum fx$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum fx^2$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N = จำนวนคะแนนทั้งหมด

3.4.5.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนน

ก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้ t - test (dependent Sample) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 101)

$$\text{สูตร } t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

โดยที่ D = ผลต่างของคะแนนแต่ละคู่

n = จำนวนคู่

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ปฏิญานิพนธ์ครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์ 1 เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า แบ่งออกเป็น 4 หน่วยการเรียนรู้ดังนี้

- หน่วยที่ 1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า
- หน่วยที่ 2 พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
- หน่วยที่ 3 ผลจากฟ้าผ่า
- หน่วยที่ 4 อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต
- หน่วยที่ 5 หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า
- หน่วยที่ 6 การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

เนื้อหาการเรียนการสอนทั้งหมดถูกสร้างขึ้นเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยโปรแกรม Macromedia Flash MX และ Macromedia Authorware 6.5 เมื่อสร้างเสร็จแล้วได้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 แผนกช่างเทคนิค สถาปัตยกรรม เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน
2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับบทเรียนปกติ
4. การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

4.1 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

จากการนำแบบทดสอบ เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ไปทดสอบกับกลุ่มทดลองเครื่องมือ ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพระดับสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาวิชา สถาปัตยกรรม วิทยาลัยเทคนิคราชบุรี จำนวน 20 คน เพื่อต้องการคัดเลือกข้อสอบนำไปใช้ในการทดลอง โดยแบบทดสอบที่จะนำไปใช้ในการทดสอบนั้นจะต้องนำไปวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบ ผู้วิจัยหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยากง่ายของข้อสอบเฉลี่ยที่ได้คือ 0.78 แสดงว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายอยู่ในช่วงปานกลาง และค่าอำนาจจำแนกได้คือ 0.33 แสดงว่าแบบทดสอบมีค่าอำนาจจำแนกดี และวิจัยได้หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR - 2 (Kuder Richardson 20) เพื่อให้เป็นแบบทดสอบในการวิจัย ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้เท่ากับ 8.60 สรุปว่าแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ของบทเรียนมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นแบบทดสอบในการวิจัยต่อไป

การทดสอบใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน โดยให้ 1 คนต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง การทดสอบครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจหาข้อผิดพลาดที่บกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าได้ผลดังนี้

1. ข้อความเนื้อหาบางส่วนไม่มีความเกี่ยวข้องกับภาพเคลื่อนไหวที่ผู้ทำใส่ลงไปทำให้เกิดความขัดแย้งกัน
2. ภาพบางภาพอธิบายเนื้อหาไม่ชัดเจน ผู้วิจัยได้ทำการจัดบันทึกเพื่อนำไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเพื่อแก้ไข
3. เวลาเข้าไปที่หน้าที่ต้องใช้การอ่านข้อความ ซึ่งต้องใช้สมาธิในการอ่าน ภาพเคลื่อนไหวที่ผู้จัดทำใส่ไว้ในบทเรียนจะทำการดึงดูดความสนใจไปทำให้เด็กไม่มีสมาธิในการอ่าน

ข้อบกพร่องต่างๆ นี้ได้ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง เขียนข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแบบประเมินสื่อที่แจกให้ เมื่อรับแบบประเมินสื่อคืนแล้วผู้วิจัยได้รวบรวมข้อคิดเห็นเหล่านั้นมาปรับปรุงแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนครั้งที่ 1 และนำไปใช้ในการทดลองครั้งที่ 2 ต่อไป

การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ครั้งที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 / 80 โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปี 2 แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม จำนวน 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าโดย
ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบ ระหว่างเรียน E1	20	30	25.40	84.66	80
คะแนนแบบทดสอบหลัง เรียน E2	20	30	26.75	89.16	80

จากตารางที่ 4.1 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.40 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.66 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 26.75 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.16 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.66 % / 89.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไป

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า
โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบ ระหว่างเรียน E1	20	30	25.70	85.66	80
คะแนนแบบทดสอบหลัง เรียน E2	20	30	27.35	91.16	80

จากตารางที่ 4.2 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.70 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 27.35 คะแนน จากคะแนน

เต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.25 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.66 % / 91.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน E1	40	30	25.55	85.16	80
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน E2	40	30	27.05	90.16	80

จากตารางที่ 4.3 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.55 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.16 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 27.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.16 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.16 % / 90.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน

กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	30	301	15.05	3.348	15.032
แบบทดสอบหลังเรียน	20	30	535	26.75	2.049	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคคูคต จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	30	307	15.35	3.167	14.736
แบบทดสอบหลังเรียน	20	30	547	27.35	1.814	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม

ตัวอย่าง 2 กลุ่ม

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	40	30	608	15.2	3.2575	14.884
แบบทดสอบหลังเรียน	40	30	1082	27.05	1.9315	

สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนคือ 15.2 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.2575 และค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนคือ 27.05 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.9315

4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับ บทเรียนปกติ

กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	20	30	426	21.30	2.958	7.855
คอมพิวเตอร์ฯ	20	30	535	26.75	2.049	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	20	30	426	21.30	2.716	10.564
คอมพิวเตอร์ฯ	20	30	536	26.80	1.936	

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	40	20	852	21.30	2.837	9.2095
คอมพิวเตอร์ฯ	40	20	1071	26.775	1.9925	

สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของการเรียนรู้ด้วยบทเรียนปกติคือ 21.30 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.837 และค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ 26.775 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.9925

4.4 การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง การป้องกันความร้อนและแสงแดด จากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ทำการประเมินโดยนักศึกษาจาก 2 สถาบันที่เลือกให้เป็นกลุ่มตัวอย่าง คือนักศึกษาประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างเทคนิค สถาปัตยกรรม จำนวนทั้งหมด 40 คน เป็นชาย 20 คน และหญิงอีก 20 คน เพื่อเปรียบเทียบเป็นคะแนนแบบอิงเกณฑ์ ได้ผลของเกณฑ์เป็นการแสดงความคิดเห็น สรุปได้ผลตามที่แสดงตารางดังต่อไปนี้

โดยแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ และเกณฑ์การจัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

ระดับ 5 = คุณภาพดีมาก

ระดับ 4 = คุณภาพดี

ระดับ 3 = คุณภาพปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ	2	=	คุณภาพพอใช้
ระดับ	1	=	คุณภาพควรปรับปรุง

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน จำนวน 40 คน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย (\bar{x})
	5	4	3	2	1	
1. รูปแบบการนำเสนอภายในบทเรียน	17	22	1	-	-	4.35
2. ขนาดของอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	29	11	-	-	-	4.725
3. สีของตัวอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	15	22	3	-	-	4.3
4. ดนตรีและเสียงประกอบอื่นๆ	20	12	5	3	-	4.225
5. ความรู้สึกมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้	9	30	1	-	-	4.2
6. ภาพที่นำมาประกอบบทเรียน	23	17	-	-	-	4.575
7. ความเข้าใจเนื้อหาโดยรวม	20	12	2	5	1	4.125
8. ความสะดวกในการใช้โปรแกรมการเรียนรู้	16	12	10	-	2	4
9. ความเพลิดเพลินและสนุกสนานกับบทเรียน	27	12	1	-	-	4.65
10. ความชอบในการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	32	6	2	-	-	4.75
รวมค่าเฉลี่ย (\bar{x})						4.39

จากเกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความคิดเห็น จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ มีดังนี้

คะแนนเฉลี่ย	4.55 – 5.00	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
คะแนนเฉลี่ย	3.55 – 4.54	หมายถึง	มีคุณภาพดี
คะแนนเฉลี่ย	2.55 – 3.54	หมายถึง	มีคุณภาพปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	หมายถึง	มีคุณภาพพอใช้
คะแนนเฉลี่ย	1.00 – 1.49	หมายถึง	มีคุณภาพควรปรับปรุง

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.39 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า
ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง หลักสูตรของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ
พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรมได้สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
ดังนี้

- 5.1 วัดคุณภาพการวิจัย
- 5.2 สมมุติฐานการวิจัย
- 5.3 วิธีดำเนินการ
- 5.4 สรุปผลการวิจัย
- 5.5 อภิปรายผล
- 5.6 ข้อเสนอแนะ

5.1 วัดคุณภาพการวิจัย

5.1.1 เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) วิชา อุปกรณ์อาคาร 1 รหัส
(3108-2015) เรื่อง “ ระบบป้องกันฟ้าผ่า ” สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม หลักสูตรกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

5.1.2 เพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ ระบบป้องกัน
ฟ้าผ่า ” ตามเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 80 ของนักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียน

5.1.3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาระหว่างก่อนเรียนกับหลัง
เรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) เรื่อง “ ระบบป้องกันฟ้าผ่า ”

5.2 สมมุติฐานการวิจัย

5.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน
80/80

5.2.2 หลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5.2.3 สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียนต่างกันอย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

5.3 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ จึงกำหนดวิธีการ ดำเนินการวิจัย ดังขั้นตอนต่อไปนี้

5.3.1 การสร้างและหาประสิทธิภาพของสื่อ

5.3.1.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลในการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) และสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) จากเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องจากแหล่ง ต่างๆ

5.3.1.2 ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร และเนื้อหาวิชา เพื่อความสมบูรณ์ของ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI)วางแผนการผลิตแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) โดยกำหนดขั้นตอนดังนี้

- กำหนดเนื้อหาและจัดประสบการณ์เป็นหมวดหมู่
- แบ่งเนื้อหารายวิชาออกเป็นหน่วยย่อย
- กำหนดหัวข้อเรื่อง
- กำหนดมโนทัศน์และกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้และสื่อการสอน
- กำหนดแบบการประเมินผล

5.3.1.3 สร้างแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(CAI) ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้และจัดทำคู่มือการสอน

5.3.1.4 นำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพกับกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอน

- ทดลองแบบ 1:1 เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง
- ทดลองแบบกลุ่มเล็กเพื่อทำการปรับปรุงบทเรียน
- ทดลองภาคสนามกับกลุ่มตัวอย่าง

5.3.2 ทดลองใช้สื่อ

5.2.2.1 หาประสิทธิภาพของแบบเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามเกณฑ์ มาตรฐานและวิเคราะห์ผล

- Pre-test

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI)
- Past-test
- T-test

5.3.2.2 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.3.2.3 นำเสนอผลงานการวิจัย

5.4 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.4.1 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหา วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ดี

5.4.2 คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ วิชา อุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ดี

5.4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.55 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.16 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 27.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.16 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.16 % / 90.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

5.5 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาอุปกรณ์อาคาร 1 เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า สามารถให้ความรู้ความเข้าใจอย่างมีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 แสดงให้เห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้สามารถให้ความรู้กับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนพบว่า ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ มากกว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการมีค่าเฉลี่ย ซึ่งอาจเกิดจากผลความคงทนเรียนรู้ ส่วนค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ที่มีค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ อาจเกิดจากการจดจำจากการตอบคำถามในแบบฝึกหัดระหว่างเรียนของนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 ข้อเสนอแนะ

5.6.1 ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

5.6.1.1 ควรกระทำการศึกษาและทดลองการใช้โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ซึ่งจะต้องนำมาใช้ร่วมกันในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

5.3.1.2 ควรกระทำการศึกษาเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ พร้อมทั้งศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดก่อน เพื่อให้เกิดแนวคิดในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ด้วย

5.6.1.3 ควรทำการศึกษารูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการสร้างไว้แล้วให้เข้าใจเพื่อที่จะได้นำมาซึ่งเทคนิควิธีการ

5.6.1.4 ในการออกข้อสอบสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ควรออกให้มีจำนวนมากข้อและครอบคลุมเนื้อหา

5.6.2 ข้อเสนอแนะในการทำปฏิญานพนธ์ครั้งต่อไป

5.6.2.1 ควรส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาอุปกรณ์อาคาร 1 ให้ครบทุกหน่วย รวมถึงวิชาอื่น ๆ ด้วย

5.6.2.2 ควรนำหลักสูตรไปเทียบกับระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อทำการเก็บตัวอย่างและรวบรวมข้อมูลเป็นต้น

5.6.2.3 ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการทำปฏิญานพนธ์ เพื่อจะได้ทราบถึงเวลาในการทำและเวลาที่ใช้ทดลองและเก็บข้อมูลด้วย

บรรณานุกรม

กิดานันท์ มลิทอง.—“เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย.”-- กรุงเทพฯ:- โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,-2531

ชนิษฐา ชานนท์.—“เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน.”-วารสารเทคโนโลยีการศึกษา 1 --(เมษายน – มิถุนายน ,2532) -7 -13

บุญชม ศรีสะอาด.—การพัฒนาการสอน— กรุงเทพฯ:- สุวีริยาสาส์น,-2537.

พรรณี ลีกิจวัฒน์.—“เอกสารประกอบการสอนวิชาสถิติเพื่อการวิจัย เรื่องการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลไม่เกินสองกลุ่ม”.—กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. -2542 .-- (เอกสารอัดสำเนา).

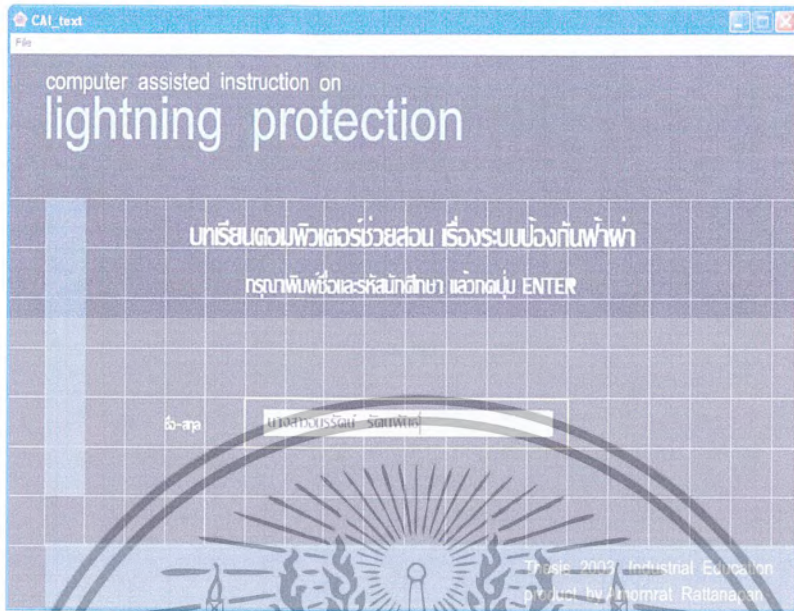
อนันต์ เจนเกรียงไกร.—“การวิเคราะห์ต้นทุนค่าไฟฟ้าในระบบป้องกันฟ้าผ่า”.—วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต-คณะวิศวกรรมศาสตร์-สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,-2538

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า,—“ข้อบังคับสำหรับสิ่งปลูกสร้างทั่วไป”.—มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง, - กรุงเทพฯ:-สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์,-2546

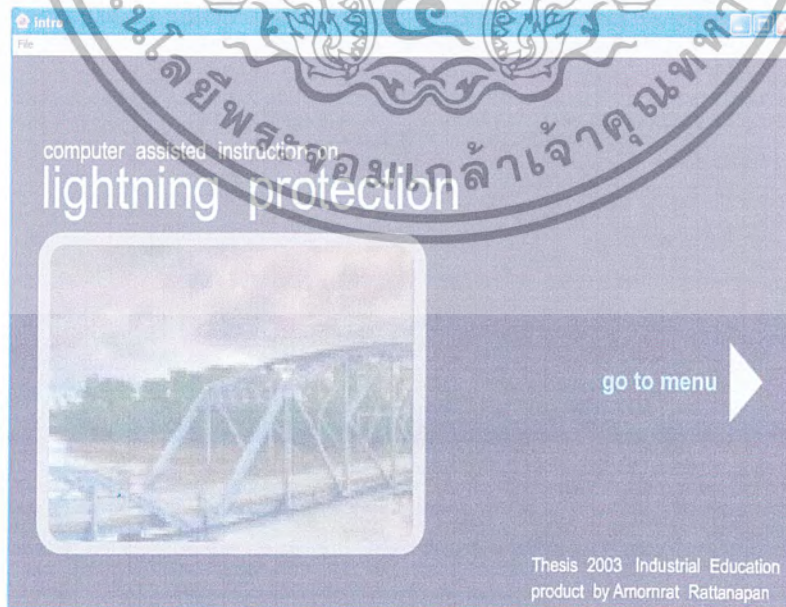
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

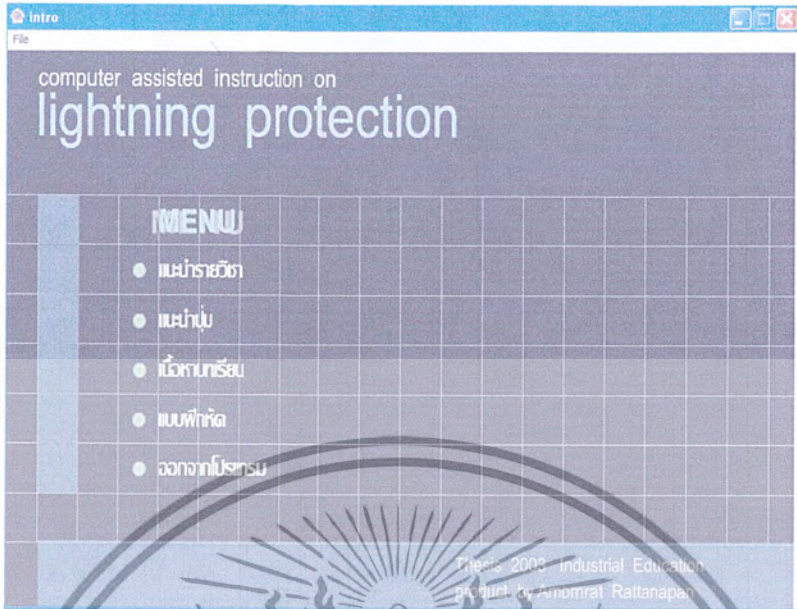


รูปที่ 6.1 ตัวอย่างก่อนเข้าเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 6.2 ตัวอย่างการนำเข้าสู่บทเรียนด้วย animation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

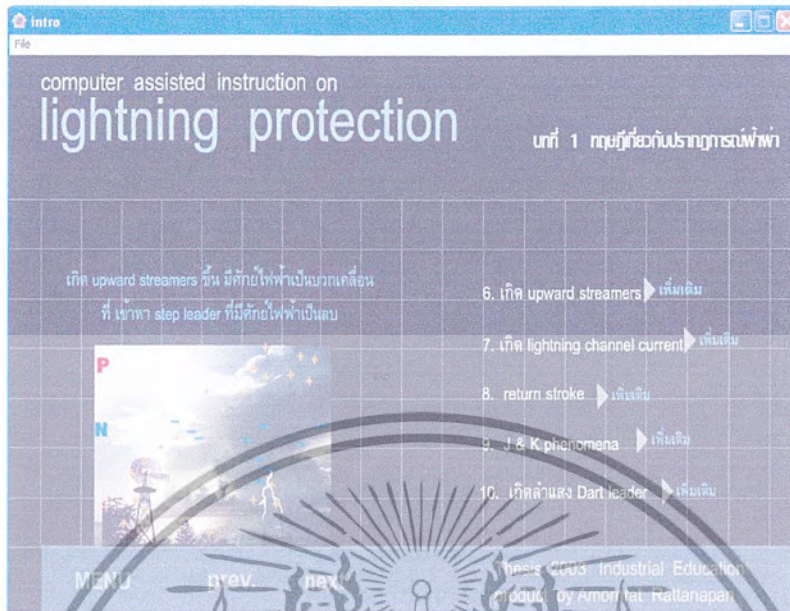


รูปที่ 6.3 ตัวอย่างเมนูหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอน



รูปที่ 6.4 ตัวอย่างบทเรียนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 ตัวอย่างบทเรียนที่ 1



รูปที่ 6.6 ตัวอย่างบทเรียนที่ 2

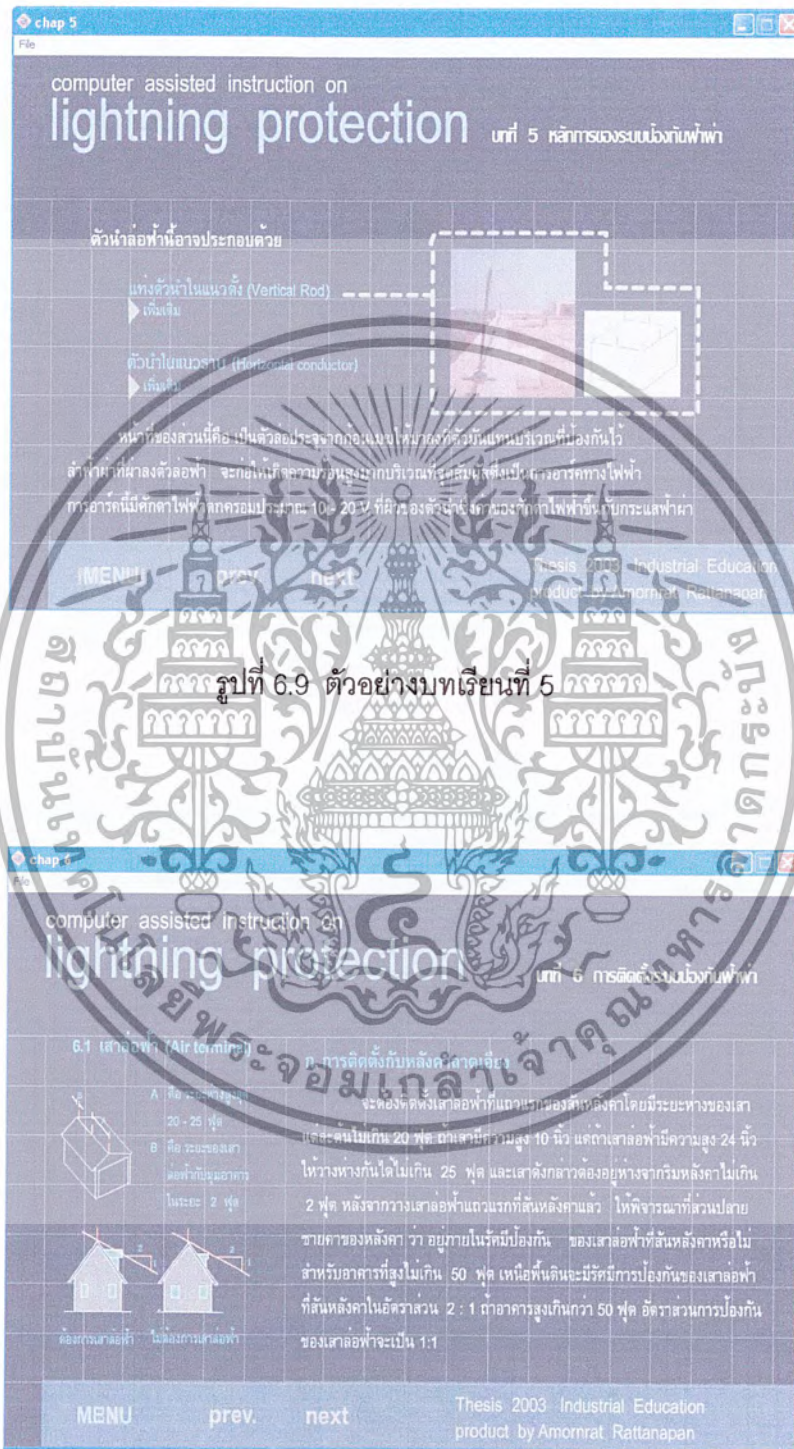
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 ตัวอย่างบทเรียนที่ 3

รูปที่ 6.8 ตัวอย่างบทเรียนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 ตัวอย่างบทเรียนที่ 5

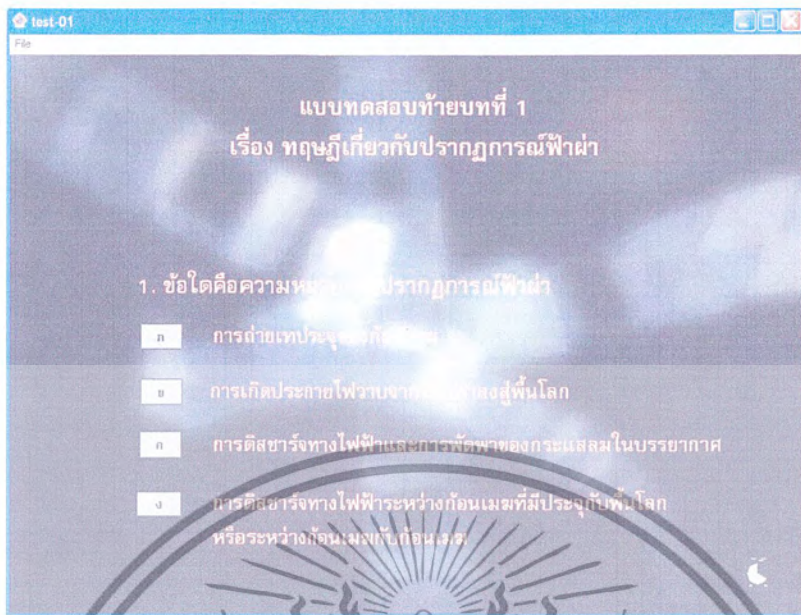
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างบทเรียนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

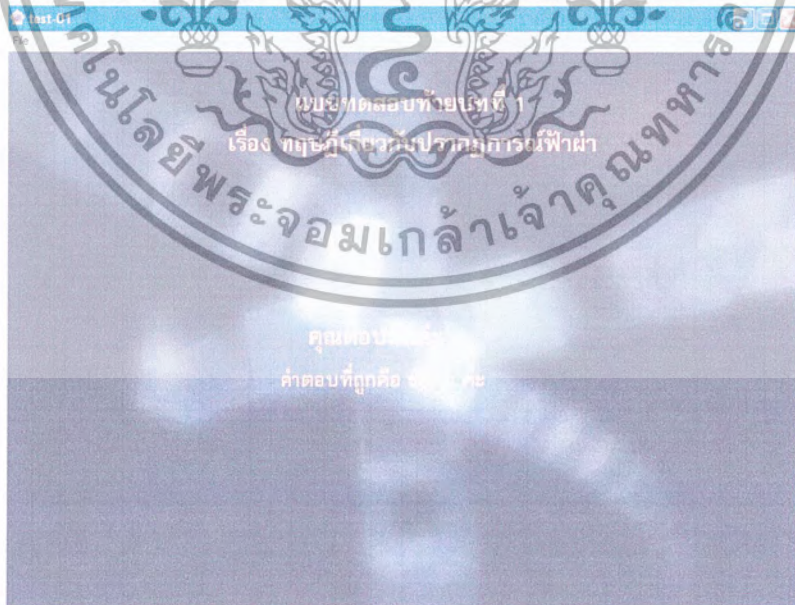


รูปที่ 6.12 คำชี้แจงแบบทดสอบท้ายบท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

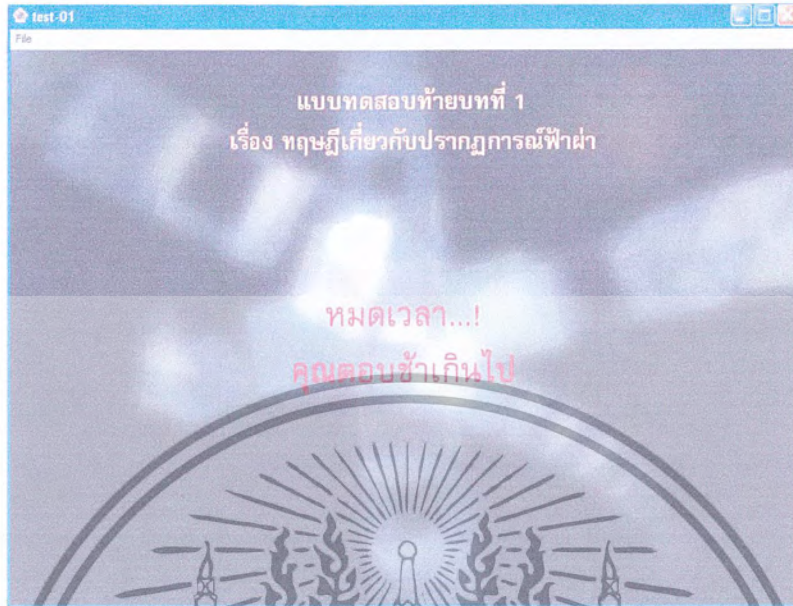


รูปที่ 6.13 ตัวอย่างแบบทดสอบท้ายบท

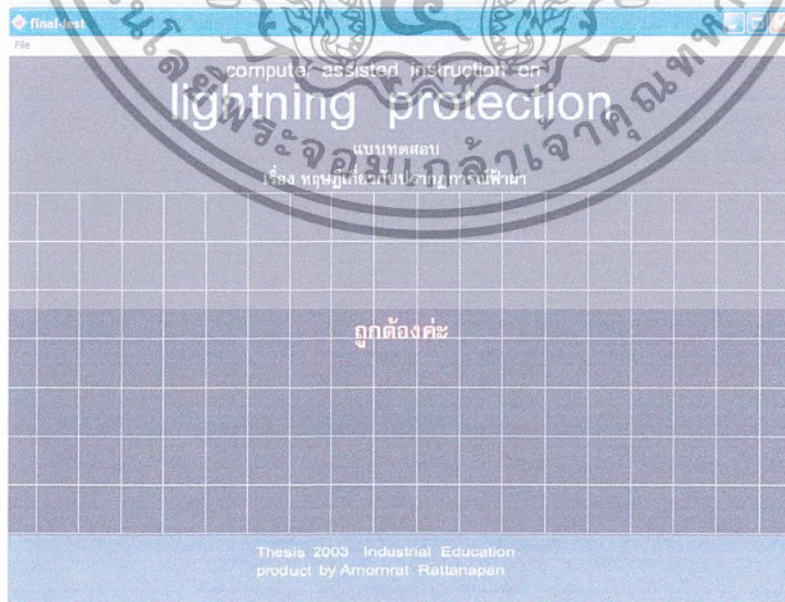


รูปที่ 6.14 ตัวอย่างคำตอบที่ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.15 ตัวอย่างการตอบที่ช้าเกินเวลาที่กำหนด



รูปที่ 6.16 ตัวอย่างบทเรียนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.17 ตัวอย่างหน้าอ้างอิง



รูปที่ 6.18 หน้าออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
แบบประเมินสื่อการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเนื้อหา

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1.เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	✓				
1.2 ความถูกต้องของเนื้อหา		✓			
1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอเนื้อหา	✓				
1.4 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา			✓		
1.5 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง		✓			
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพกับคำบรรยาย		✓			
2.2 ความถูกต้อง และเหมาะสมของภาษาที่ใช้		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	✓				
2.4 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	✓				
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอที่เรียนทั้งหมด		✓			
รวม	20	28	3		
ค่าเฉลี่ยรวม	4.25				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 1 ท่าน คือ

1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

จากการวิเคราะห์แบบประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเนื้อหา ค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.25 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพ
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. เนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 ความเหมาะสมในการนำเข้าสู่เนื้อหา		✓			
1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบหรือวิธีการสอน			✓		
1.3 ลำดับชั้นในการนำเสนอเนื้อหา	✓				
1.4 ความสอดคล้องของเนื้อหาแต่ละตอน		✓			
1.5 เนื้อหาเหมาะสมในการใช้คอมพิวเตอร์	✓				
1.6 ความน่าสนใจในการดำเนินเรื่อง		✓			
2. รูปภาพและอักษร					
2.1 ความเหมาะสมของรูปภาพในการสื่อความหมาย		✓			
2.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.3 ความเหมาะสมของขนาดรูปภาพที่ใช้นำเสนอ		✓			
2.4 ความเหมาะสมของสี ที่ใช้ในการนำเสนอ	✓				
2.5 ความเหมาะสมของเสียงดนตรีที่ใช้ประกอบ		✓			
3. เวลา					
3.1 ความเหมาะสมของเวลากับเนื้อหา	✓				
3.2 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอที่เรียนทั้งหมด		✓			
รวม	30	24	3		
ค่าเฉลี่ยรวม	4.38				

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิตสื่อ จำนวน...1. ท่าน คือ

1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

จากการวิเคราะห์แบบประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพสื่อ
ด้านเทคนิคการผลิตสื่อค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.38 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้
พบว่าที่เรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับคุณภาพ
ด้านแบบทดสอบ

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ควรปรับปรุง
1.ความสอดคล้องของเนื้อหาวิชากับจุดประสงค์ของการเรียนรู้		✓			
2.ความถูกต้องของข้อสอบ		✓			
3.ความเหมาะสมของการใช้ภาษา		✓			
4.ความถูกต้องของตัวสะกดและไวยากรณ์	✓				
5.ความเหมาะสมในการใช้ภาพประกอบ				✓	
ค่าเฉลี่ยรวม				4	

โดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านสถิติและแบบทดสอบ จำนวน 1 ท่าน คือ

- 1) ผศ.อรรถพร ฤทธิเกิด

จากการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเทคนิคการผลิต และผู้ทรงคุณวุฒิด้านแบบทดสอบ จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.25 และ 4.38 และ 4 ตามลำดับ เมื่อนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยรวมได้เท่ากับ 4.21 นำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าอยู่ในเกณฑ์ดี



ภาคผนวก ค
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) พุทธศักราช 2546

กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ลักษณะรายวิชา

1. รหัสและชื่อวิชา 3108-2015 อุปกรณ์อาคาร 1
2. สภาพรายวิชา วิชาที่พลเลือกในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม
3. ระดับรายวิชา ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2
4. พื้นฐาน -
5. เวลาศึกษา 36 คาบเรียนตลอด 18 สัปดาห์ ทฤษฎี 2 คาบ ปฏิบัติ - คาบต่อสัปดาห์
6. จำนวนหน่วยกิต 2 หน่วยกิต
7. จุดประสงค์รายวิชา

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ งานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่า และระบบท่อภายในอาคาร

8. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษางานระบบอากาศ การระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การขนส่งทางตั้ง ทางราบประตูเลื่อนอัตโนมัติ ลิฟท์ การป้องกันเพลิงไหม้ การป้องกันฟ้าผ่าและระบบท่อภายในอาคาร

การแบ่งหน่วย

หน่วยที่ 1 ระบบปรับอากาศภายในอาคาร

- 1.1 หลักการเบื้องต้นของการปรับอากาศ
 - 1.1.1 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการปรับอากาศ
 - 1.1.2 ระบบปรับอากาศและส่วนประกอบเบื้องต้น
- 1.2 ชนิดและประเภทของเครื่องปรับอากาศ
- 1.3 การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องปรับอากาศ
 - 1.3.1 การเลือกใช้ระบบปรับอากาศในอาคารต่างๆ
 - 1.3.2 การคำนวณภาวะความร้อน การคำนวณขนาดของห้องเพื่อหาขนาดของเครื่องปรับอากาศและการบำรุงรักษา

หน่วยที่ 2 ระบบการระบายอากาศภายในอาคาร

- 2.1 หลักการเบื้องต้นของการระบายอากาศ
- 2.2 ชนิดและประเภทของเครื่องระบายอากาศ
- 2.3 การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องระบายอากาศ
- 2.4 การหาขนาดและทิศทางในการติดตั้งเครื่องระบายอากาศ
- 2.5 ระบบเครื่องฟอกอากาศ

หน่วยที่ 3 ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

- 3.1 หลักการเบื้องต้นของระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
 - 3.1.1 การใช้งานในอาคาร
 - 3.1.2 ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
- 3.2 ชนิดและประเภทของระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
- 3.3 การเลือกชนิดและขนาดของระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง
- 3.4 การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

หน่วยที่ 4 ระบบขนส่งในอาคาร

- 4.1 หลักการเบื้องต้นของระบบขนส่งภายในอาคาร
- 4.2 ระบบขนส่งในอาคาร
- 4.3 ข้อพิจารณาในการเลือกระบบขนส่ง
- 4.4 การบำรุงรักษาระบบขนส่ง

หน่วยที่ 5 ประสิทธิภาพอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันการช่างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 หลักการเบื้องต้นของประตูเลื่อนอัตโนมัติ

5.2 ชนิดและประเภทของประตูเลื่อนอัตโนมัติ

5.3 การเลือกชนิดและขนาดของประตูเลื่อนอัตโนมัติ

5.4 การบำรุงรักษาประตูเลื่อนอัตโนมัติ

หน่วยที่ 6 ระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

6.1 หลักการเบื้องต้นของระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

6.1.1 การใช้งานในอาคาร

6.1.2 ระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

6.2 ชนิดและประเภทของระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

6.3 การเลือกชนิดและขนาดของระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

6.4 การออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

หน่วยที่ 7 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

7.2 พารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า

7.3 ผลจากฟ้าผ่า

7.4 อันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต

7.5 หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่า

7.6 การติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า

หน่วยที่ 8 ระบบท่อภายในอาคาร

8.1 หลักการเบื้องต้นของระบบท่อภายในอาคาร

8.1.1 การใช้งานในอาคาร

8.1.2 ระบบท่อภายในอาคาร

8.2 ชนิดและประเภทของระบบท่อภายในอาคาร

8.3 การเลือกชนิดและขนาดของระบบท่อภายในอาคาร

8.4 การออกแบบและติดตั้งระบบท่อภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์การสอน

หน่วยที่ 1 ระบบปรับอากาศภายในอาคาร

1. อธิบายปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลกับการปรับอากาศ
2. อธิบายระบบที่ใช้ในระบบปรับอากาศได้
3. บอกส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศได้
4. การเลือกชนิดและขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานได้
5. บอกวิธีการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศได้

หน่วยที่ 2 ระบบการระบายอากาศภายในอาคาร

1. บอกหน้าที่และการทำงานของเครื่องระบายอากาศ
2. ชนิดและประเภทของเครื่องระบายอากาศได้
3. เลือกชนิดและขนาดของเครื่องระบายอากาศได้
4. เลือกตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องระบายอากาศ
5. บอกหลักการการทำงานของเครื่องฟอกอากาศ

หน่วยที่ 3 ระบบไฟฟ้าและแสงสว่าง

1. อธิบายหลักการของแสงสว่างที่มีความสัมพันธ์กับการมองเห็น
2. บอกแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและแสงสว่าง
3. บอกชนิด ประเภท และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบแสงสว่างได้
4. บอกชนิด ประเภท และอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบไฟฟ้าได้
5. เลือกใช้ระบบไฟฟ้าและแสงสว่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานได้

หน่วยที่ 4 ระบบขนส่งในอาคาร

1. อธิบายระบบขนส่งแบบต่างๆ ที่ใช้ในอาคารได้
2. เลือกระบบขนส่งให้เหมาะสมกับงานในอาคารได้
3. บำรุงรักษาระบบขนส่งได้

หน่วยที่ 5 ประตูลีออนอัตโนมัติ

1. อธิบายระบบการทำงานของประตูลีออนอัตโนมัติได้
2. บอกชนิดและประเภทของประตูลีออนอัตโนมัติได้
3. เลือกชนิดและขนาดของประตูลีออนอัตโนมัติได้
4. บำรุงรักษาระบบประตูลีออนอัตโนมัติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยที่ 6 ระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคาร

1. อธิบายระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารได้
2. บอกชนิดและประเภทของระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารได้
3. เลือกชนิดและขนาดของระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารได้
4. ออกแบบและติดตั้งระบบป้องกันเพลิงไหม้ในอาคารได้

หน่วยที่ 7 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

1. อธิบายเกี่ยวกับลักษณะของการเกิดฟ้าผ่าได้
2. อธิบายพารามิเตอร์ของการเกิดฟ้าผ่า
3. อธิบายผลของการเกิดฟ้าผ่าได้
4. อธิบายถึงอันตรายของฟ้าผ่าต่อสิ่งมีชีวิต
5. หลักการของระบบป้องกันฟ้าผ่าแบบพาราเดย์
6. นำหลักการการติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่าไปใช้ได้

หน่วยที่ 8 ระบบท่อภายในอาคาร

1. อธิบายหลักการของระบบท่อภายในอาคารได้
2. บอกชนิดและประเภทของระบบท่อภายในอาคารได้
3. เลือกชนิดและขนาดของระบบท่อภายในอาคารได้
4. ออกแบบและติดตั้งระบบท่อภายในอาคารได้



แบบทดสอบ เรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่า
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีที่ 2
วิชา อุปกรณ์อาคาร 1 รหัสวิชา 3108-2105 (2-0-2)

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดคือความหมายของปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

- ก. การถ่ายเทประจุของก้อนเมฆ
- ข. การเกิดประกายไฟที่วาบจากท้องฟ้าลงสู่พื้นโลก
- ค. การดิสชาร์จทางไฟฟ้าและการพัดพาของกระแสลมในบรรยากาศ
- ง. การดิสชาร์จทางไฟฟ้าระหว่างก้อนเมฆที่มีประจุกับพื้นโลก หรือระหว่างก้อนเมฆกับก้อนเมฆ

2. ประจุสะสมในก้อนเมฆเกิดจากการเสียดสีกันระหว่างสิ่งใดบ้าง

- ก. ไอน้ำ หมอกโคโรนา
- ข. ประจุไฟฟ้าบวกและไอน้ำ
- ค. กระแสลมพายุกับละอองน้ำและก้อนเมฆในบรรยากาศ
- ง. ละอองของไอน้ำ ประจุไฟฟ้าลบและก้อนเมฆในบรรยากาศ

3. กระบวนการเกิดฟ้าผ่าโดยประจุเหนี่ยวนำกับพื้นโลกส่งผลให้เกิดสิ่งใดตามมา

- ก. ความเครียดของสนามไฟฟ้ามีมากขึ้น
- ข. เกิดการสปาร์กกันระหว่างอากาศกับไอน้ำ
- ค. เกิดการแตกตัวของไอน้ำในบรรยากาศ
- ง. ถูกทุกข้อ

4. ลีดเดอร์ (leader) หรือลำประจุจะวิ่งเป็นช่วงก้าว โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณกี่เมตรและความเร็วเป็นเท่าไร

- ก. 40 เมตร ความเร็ว 300 ก.ม./นาที่
- ข. 50 เมตร ความเร็ว 300 ก.ม./นาที่
- ค. 60 เมตร ความเร็ว 400 ก.ม./นาที่
- ง. 70 เมตร ความเร็ว 400 ก.ม./นาที่

5. แกนกลางของลำประจุที่ถ่ายเทลงสู่พื้นโลกตามแนวของลีดเดอร์ (leader) คือ

- ก. ไอออน
- ข. สตรีมเมอร์
- ค. ดิสชาร์จไอออน
- ง. พลาสมาไอออนเซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ขนาดของกระแสจากฟ้าผ่าคือสิ่งใด

- ก. ค่ายอดของรูปคลื่นฟ้าผ่า
- ข. ปริมาณของกระแสไฟจากฟ้าผ่า
- ค. ประจุที่อยู่ในก้อนเมฆขณะเกิดการสปาร์ค
- ง. ผลรวมของชั่วทั้งสองที่เกิดการปะทะกันบนชั้นบรรยากาศ

7. รูปร่างของคลื่นและกระแสของคิกดาไฟฟ้าเป็นแบบอิมพัลส์ สามารถบอกได้ด้วยสิ่งใด

- ก. เวลาช่วงคลื่น (step wave time) และเวลาหางคลื่น (tail wave time)
- ข. เวลาช่วงคลื่น (step wave time) และความชันช่วงคลื่น (steepness)
- ค. เวลาคู่หน้าคลื่น (front wave time) และเวลาหางคลื่น (tail wave time)
- ง. ความชันช่วงคลื่น (steepness wave time) และเวลาหางคลื่น (tail wave time)

8. ถ้าฟ้าผ่าที่นำเอาประจุบวกจากก้อนเมฆดีสชาร์จลงสู่พื้นโลกคือกระแสฟ้าผ่าแบบใด

- ก. กระแสฟ้าผ่าลบ
- ข. กระแสฟ้าผ่าบวก
- ค. กระแสฟ้าผ่ากลาง
- ง. กระแสฟ้าผ่าบวกและลบ

9. Isokeraunic map คือสิ่งใด

- ก. แผนที่ที่แสดงปริมาณวันที่ฟ้าผ่าในหนึ่งปี
- ข. แผนที่ที่แสดงปริมาณวันที่เกิดฟ้าผ่าในหนึ่งปี
- ค. แผนที่ที่แสดงปริมาณวันที่เกิดเมฆฝนในหนึ่งปี
- ง. แผนที่ที่แสดงปริมาณวันที่เกิดฝนฟ้าคะนองในหนึ่งปี

10. ค่าระยะฟ้าผ่านี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

- ก. ก้อนเมฆ
- ข. สตรีมเมอร์ (streamer)
- ค. ประจุของก้อนเมฆหรือกระแสฟ้าผ่า
- ง. ลำประจุ (leader) และสตรีมเมอร์

(streamer)

11. อันตรายที่เป็นผลทางความร้อนของกระแสฟ้าผ่ามีอุณหภูมิสูงเท่าไร

- ก. 10000 °k
- ข. 20000 °k
- ค. 30000 °k
- ง. 40000 °k

12. ลักษณะการไหลของกระแสไฟฟ้าในกรณีฟ้าผ่าลงบนวัสดุฉนวนไฟฟ้าเป็นอย่างไร

- ก. กระแสไฟฟ้าก็จะวิ่งไปตามแนวที่มีความต้านทานน้อยที่สุด
- ข. กระแสไฟฟ้าก็จะวิ่งไปตามแนวที่มีความต้านทานมากที่สุด
- ค. กระแสไฟฟ้าก็จะวิ่งไปตามแนวที่มีความต่างศักย์น้อยที่สุด
- ง. กระแสไฟฟ้าก็จะวิ่งไปตามแนวที่มีความต่างศักย์มากที่สุด

13. ลักษณะของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำแล้วทำให้เกิดแรงบิดมีลักษณะอย่างไร

- ก. มีคลื่นซีกเดียวในขณะที่ลำฟ้าผ่าวิ่งผ่าน
- ข. อากาศรอบๆ เกิดการขยายตัวออกอย่างรวดเร็ว
- ค. เกิดแรงดึงดูดกันเมื่อมีกระแสไหลสวนทาง แต่ผลักกันเมื่อไหลทางเดียว
- ง. เกิดแรงดึงดูดกันเมื่อมีกระแสไหลทางเดียว แต่ผลักกันเมื่อไหลสวนทาง

14. คลื่นความดันในย่านความเร็วเหนือเสียงแผ่กระจายออกไปรอบลำฟ้าผ่าเกิดเสียงดังสนั่นหรือที่เรียกว่าฟ้าร้องมีสาเหตุมาจากสิ่งใด

- ก. แรงระเบิด ทำให้เกิดกระแสไฟ
- ข. แรงระเบิด จากความร้อนอาจทำให้อากาศรอบๆ ขยายตัวออก
- ค. แรงดันไฟฟ้า ทำให้เกิดประกายไฟ ลูกไฟพุ่งออกเป็นบริเวณกว้าง
- ง. แรงดันไฟฟ้า จากความต่างศักย์อาจทำให้อากาศรอบๆ ขยายตัวออก

15. การสปาร์คด้านข้างได้(side flash) เป็นผลจากอันตรายจากฟ้าผ่าทางด้านใด

- ก. ความเหนียวนำของกระแสไฟฟ้า
- ข. ความเหนียวนำของกระแสไฟฟ้า และความต้านทานตัวนำ
- ค. ความเหนียวนำของสายตัวนำ และความต้านทานของตัวล่อฟ้า
- ง. ความเหนียวนำของสายตัวนำ และความต้านทานของดินที่กระแสฟ้าผ่าวิ่งผ่าน

16. ข้อใดไม่ใช่อันตรายจากกระแสฟ้าผ่าโดยตรง

- ก. การช็อคหมดสติ
- ข. การหยุดหายใจ
- ค. การไหม้บริเวณที่มีกระแสไหลผ่าน
- ง. การทำงานผิดปกติของกล้ามเนื้อหัวใจ

17. อันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่จำแนกตามลักษณะการถูกผ่ามีกี่ประเภท

- ก. 2 ลักษณะ
- ข. 3 ลักษณะ
- ค. 4 ลักษณะ
- ง. 5 ลักษณะ

18. การเกิดแรงดันสัมผัส(Contact voltage) เป็นอันตรายกับคนในเหตุการณ์ใด

- ก. คนสัมผัสกับวัตถุที่ถูกฟ้าผ่า
- ข. คนที่ยืนฟังต้นไม้ขณะที่มีฟ้าผ่า
- ค. คนที่สัมผัสกับท่อประปาขณะเกิดฟ้าผ่า
- ง. ถูกทุกข้อ

19. คนที่ยืนอยู่ใกล้ต้นไม้ที่ถูกฟ้าผ่าเป็นอันตรายจากการเกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้าง (Side flash) ได้อย่างไร

- ก. เนื่องจากต้นไม้มีความต้านทานสูง
- ข. คนที่ยืนอยู่ใกล้ยังคงมีแรงดันเป็นศูนย์เท่ากับพื้นดิน
- ค. ศีรษะกับต้นไม้จะมีแรงดันเนื่องจากฟ้าผ่า เกิดประกายฟ้าผ่าด้านข้างไปยังศีรษะ
- ง. ถูกทุกข้อ

20. แรงดันก้าวอาจทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขาทั้งสองข้างและส่วนอื่นของร่างกาย หากเกิดฟ้าผ่า กรณีนี้จะมีวิธีลดความรุนแรงของกระแสไฟฟ้าได้อย่างไรบ้าง

- ก. นั่งลง
- ข. นั่งลง เหยียดขาทั้งสองข้างออก
- ค. ยืนให้เท้าอยู่ชิดกันก็จะมีแรงดันก้าวต่ำลง
- ง. ยืนให้เท้าอยู่ห่างกันก็จะมีแรงดันก้าวต่ำลงและไม่เป็นอันตราย

21. สายอากาศล่อฟ้านี้มักนิยมทำปลายให้แหลม เพื่อประโยชน์อย่างไร

- ก. เพื่อให้ความเครียดของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้นมีค่าต่ำกว่าที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง
- ข. เพื่อให้ความเครียดของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้นมีค่าสูงกว่าที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง
- ค. เพื่อให้ความเครียดของสนามไฟฟ้า ณ จุดนั้นมีค่าเท่ากับที่อื่นในบริเวณใกล้เคียง
- ง. ถูกทุกข้อ

22. เพื่อลดผลการเกิดแรงดันเหนี่ยวนำ ควรแยกสายนำลงดินให้ห่างจากท่อแก๊สและท่อไฟฟ้าต่างๆ

และควรต่อสายนำลงดินทุกระยะความสูงที่กี่เมตร

- ก. 10 เมตร
- ข. 20 เมตร
- ค. 30 เมตร
- ง. 40 เมตร

23. รากสายดินควรจะมีค่าความต้านทานต่ำให้มากที่สุด ไม่ควรมีค่าเกินเท่าไร และวัสดุที่ใช้ควรเป็นชนิดใด

- ก. 10 ohm /เหล็ก ทองแดงหรืออลูมิเนียม
- ข. 10 ohm /เหล็ก สังกะสีหรืออลูมิเนียม
- ค. 14 ohm /เหล็ก ทองแดงหรืออลูมิเนียม
- ง. 14 ohm /เหล็ก สังกะสีหรืออลูมิเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

24. วิธีหามุมป้องกันใช้หลักการใดในการป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่า

- ก. ลากเส้นตรงจากยอดของตัวนำล่อฟ้าทำมุมกับยอดตัวนำ ด้วยค่ามุมป้องกัน 30 องศา
- ข. ลากเส้นตรงจากยอดของตัวนำล่อฟ้าทำมุมกับยอดตัวนำ ด้วยค่ามุมป้องกัน 45 องศา
- ค. ลากเส้นตรงจากยอดของตัวนำล่อฟ้าทำมุมกับยอดตัวนำ ด้วยค่ามุมป้องกัน 60 องศา
- ง. ลากเส้นตรงจากยอดของตัวนำล่อฟ้าทำมุมกับยอดตัวนำ ด้วยค่ามุมป้องกัน 90 องศา

25. ค่ารัศมีของทรงกลม (Sphere) ในการหาแบบ rolling sphere ให้มีค่าตั้งแต่กี่เมตร

- ก. 20 – 30 เมตร
- ข. 30 – 40 เมตร
- ค. 40 – 50 เมตร
- ง. 50 – 60 เมตร

26. การติดตั้งเสาล่อฟ้าของหลังคาลาดเอียงสำหรับอาคารที่สูงไม่เกิน 50 ฟุตเหนือพื้นดินจะมีรัศมีการป้องกัน ของเสาล่อฟ้าที่สันหลังคา ในอัตราส่วนเท่าไร

- ก. 1 : 1
- ข. 1 : 2
- ค. 2 : 1
- ง. 2 : 2

27. หลังคาที่มีความลาดเอียงน้อย นอกจากจะติดตั้งสายล่อฟ้าที่สันของหลังคา ยังจะต้องติดตั้งเสา
ล่อฟ้าที่ริมหลังคา โดยมีระยะห่างจากแนวของเสาล่อฟ้าที่สันหลังคาไม่เกินกี่เมตร

- ก. 15 เมตร
- ข. 16 เมตร
- ค. 17 เมตร
- ง. 18 เมตร

28. การเดินสายลงดินต้องเดินสายให้เป็นเส้นตรงมากที่สุด พยายามหลีกเลี่ยงการโค้งงอ ต้อง
มากกว่า 90 องศา มีรัศมีเท่าไร

- ก. ไม่น้อยกว่า 20.3 เซนติเมตร
- ข. ไม่มากกว่า 20.3 เซนติเมตร
- ค. ไม่น้อยกว่า 30.3 เซนติเมตร
- ง. ไม่มากกว่า 30.3 เซนติเมตร

29. การเดินสายนำลงดินภายนอกอาคารมีเรื่องที่จะต้องระมัดระวังอย่างไรบ้าง

- ก. จำนวนสายนำลงดิน
- ข. ความสวยงามของรูปลักษณ์อาคาร
- ค. การเดินสายด้วยการเว้นระยะห่างไม่เหมาะสม
- ง. การเดินสายไปตามรูปร่างของตึก ภายนอกอาคารจะมีโอกาสเกิดสปาร์กด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30. รากสายดินแบบที่ฝังด้วยสายตัวนำยาวหรือที่เรียกว่า Counterpoise นำมาใช้กับกรณีใด

ก. ดินเลน

ข. ดินทราย

ค. บนภูเขาที่มีชั้นหินมาก และอยู่ติดกับทะเล

ง. บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ ลักษณะดินร่วนปนทราย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียน

กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไป

ตารางที่ 4.1 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าโดย
ใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 1 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบ ระหว่างเรียน E1	20	30	25.40	84.66	80
คะแนนแบบทดสอบหลัง เรียน E2	20	30	26.75	89.16	80

จากตารางที่ 4.1 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.40 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 84.66 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 26.75 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 89.16 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.66 % / 89.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคสุโขทัย จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไป

ตารางที่ 4.2 แสดงประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า
โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ 2 จำนวน 20 คน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบ ระหว่างเรียน E1	20	30	25.70	85.66	80
คะแนนแบบทดสอบหลัง เรียน E2	20	30	27.35	91.16	80

จากตารางที่ 4.2 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.70 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 27.35 คะแนน จากคะแนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็ม 20 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91.25 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.66 % / 91.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความแตกต่างของประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ระบบป้องกันฟ้าผ่าของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ร้อยละ
คะแนนแบบทดสอบระหว่างเรียน E1	40	30	25.55	85.16	80
คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน E2	40	30	27.05	90.16	80

จากตารางที่ 4.3 ปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่า ที่สร้างขึ้น นักศึกษาทำแบบทดสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยได้ 25.55 คะแนน จากคะแนนทั้งหมด 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.16 และทำแบบทดสอบหลังเรียนเฉลี่ยได้ 27.05 คะแนน จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 90.16 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 85.16 % / 90.16 % สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (80/80)

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	30	301	15.05	3.348	15.032
แบบทดสอบหลังเรียน	20	30	535	26.75	2.049	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคดุสิต จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	20	30	307	15.35	3.167	14.736
แบบทดสอบหลังเรียน	20	30	547	27.35	1.814	

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม

ตัวอย่าง 2 กลุ่ม

คะแนน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
แบบทดสอบก่อนเรียน	40	30	608	15.2	3.2575	14.884
แบบทดสอบหลังเรียน	40	30	1082	27.05	1.9315	

สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนทดสอบก่อนเรียนคือ 15.2 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.2575 และค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ของคะแนนแบบทดสอบหลังเรียนคือ 27.05 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.9315

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับบทเรียนปกติ

กลุ่มที่ 1 วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี จังหวัดชลบุรี จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนรู้โดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	20	30	426	21.30	2.958	7.855
คอมพิวเตอร์ฯ	20	30	535	26.75	2.049	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 2 วิทยาลัยเทคนิคดุสิต จำนวน 20 คน ซึ่งมีผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	20	30	426	21.30	2.716	10.564
คอมพิวเตอร์ฯ	20	30	536	26.80	1.936	

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความต่างระหว่างการเรียนโดยบทเรียนปกติและคะแนนบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

บทเรียน	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	Σx	\bar{x}	S.D	t
ปกติ	40	20	852	21.30	2.837	9.2095
คอมพิวเตอร์ฯ	40	20	1071	26.775	1.9925	

สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของการเรียนด้วยบทเรียนปกติคือ 21.30 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.837 และค่าคะแนนเฉลี่ย (\bar{x}) ของการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ 26.775 คะแนน จากคะแนนเต็มทั้งหมด 30 คะแนน มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.9925

การวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการประเมินแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน จำนวน 40 คน

เรื่องที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็น					ค่าเฉลี่ย (\bar{x})
	5	4	3	2	1	
1. รูปแบบการนำเสนอภายในบทเรียน	17	22	1	-	-	4.35
2. ขนาดของอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	29	11	-	-	-	4.725
3. สีของตัวอักษรที่ใช้ภายในบทเรียน	15	22	3	-	-	4.3
4. ดนตรีและเสียงประกอบอื่นๆ	20	12	5	3	-	4.225
5. ความรู้สึกร่วมมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียน	9	30	1	-	-	4.2
6. ภาพที่นำมาประกอบบทเรียน	23	17	-	-	-	4.575

7. ความเข้าใจเนื้อหาโดยรวม	20	12	2	5	1	4.125
8. ความสะดวกในการใช้โปรแกรมการเรียน	16	12	10	-	2	4
9. ความเพลิดเพลินและสนุกสนานกับบทเรียน	27	12	1	-	-	4.65
10. ความชอบในการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	32	6	2	-	-	4.75
รวมค่าเฉลี่ย (\bar{X})						4.39

จากการวิเคราะห์แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน ค่าคะแนนเฉลี่ย คือ 4.39 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องระบบป้องกันฟ้าผ่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ

หนังสือราชการและขอความอนุเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ สศ 0524.04 0331

วิทยาลัยเทคโนโลยี
เลขที่ 111/1
ถนน
คณะครูสาครอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนลาดกระบัง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

๒๖ มกราคม 2547

เรื่อง ขอลงความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยี

ด้วย นางสาวอมรรตน์ รัตนะพันธ์ นักศึกษา คณะครูสาครอุตสาหกรรม ชั้นปีที่ ๒ วิทยาลัย
ครูสาครอุตสาหกรรม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มีความประสงค์จะทำการศึกษาค้นคว้า ประกอบการวิจัย เพื่อ
ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะครูสาครอุตสาหกรรม มีความประสงค์ขอลงความอนุเคราะห์ ข้อมูลและรายละเอียดต่างๆ
แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม เพื่อนำมาประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ทางคณะฯ หวังว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์และความร่วมมือด้วยดี และขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์ จะใช้ในด้านการเรียนการสอน
เท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักขอบขอบขั้ว

ณ ๒ ผู้อำนวยการวิทยาลัย
๑. เพื่อโปรดทราบ
๒. เห็นควรส่ง / ๗-๘
A. ๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒๒
๒๕/๑๒/๒๕
๗/ ๑๗ ๕๗

ขอแสดงความนับถือ

๑. นว.
๒. นว.
๓. นว ๗

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงศ์ มะโน)

รักษาการรองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ภาควิชาครูสาครสถาปัตยกรรม

โทร ๐๒ ๗๓๗-๓๐๐๐ ต่อ ๖๐๖๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

โทรสาร ๐๒ ๓๒๖-๔๓๒๔

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ 0524.04/ 0331

วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี
เลขที่รับ 0444
วันที่ 30 ม.ค. 2547
เวลา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

26 มกราคม 2547

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้นักศึกษา

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

ด้วย นางสาวอมรรัตน์ รัตนพันธ์ นักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 2 ภาควิชา
ครุศาสตร์สถาปัตยกรรม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มีความประสงค์จะทำการศึกษาค้นคว้าประกอบการทำปริญญานิพนธ์
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
บัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลและรายละเอียดต่าง ๆ
แผนกช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม เพื่อนำมาประกอบการทำปริญญานิพนธ์ ทางคณะฯ หวังว่าจะได้รับความ
อนุเคราะห์และความร่วมมือด้วยดี และขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับความอนุเคราะห์ จะใช้ในด้านการเรียนการสอน
เท่านั้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย ขอบขอบคุณยิ่ง

ไปตอนสุด เดือนกุมภาพันธ์
อินดีโทด ๑๖๕๐

ขอแสดงความนับถือ

ทราบ/สั่งการ

30 ม.ค. 2547

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิติพงษ์ มะโน)

รักษาการรองคณบดีกำกับดูแลงานด้านวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ผู้อำนวยการ

ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

โทร 02 737-3000 ต่อ 6066

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทรสาร 02 326-4324

30 ม.ค. 2547

ประวัติผู้จัดทำ

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ นางสาวอมรรัตน์ รัตนพันธ์
วัน-เดือน-ปี เกิด 14 เมษายน 2524
ภูมิลำเนาเดิม 27 หมู่ที่ 9 ต.โคกม่วง
อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา 90230

ประวัติการศึกษา

ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดโคกม่วง อ. คลองหอยโข่ง จ. สงขลา
ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนหาดใหญ่รัฐประชาสรรค์ อ.หาดใหญ่ จ. สงขลา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ จ. สงขลา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้
จ. สงขลา
ระดับอุดมศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้