การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

Development of Multimedia Computer Assisted Instruction for Teaching Illumination Engineering on Interior Lighting Design

เกริกวุฒิ รังสีปัญญา

Krirkwut Rangseepanya

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2556

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

Development of Multimedia Computer Assisted Instruction for Teaching Illumination Engineering on Interior Lighting Design

เกริกวุฒิ รังสีปัญญา

Krirkwut Rangseepanya

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชานวัตกรรมเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2556

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อวิทยานิพนธ์ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร
ชื่อ สกุล ว่าที่ร้อยตรีเกริกวุฒิ รังสีปัญญา
ชื่อปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร 2) เปรียบเทียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 3) ประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 28 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร 2) แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

ผลการวิจัยพบว่า

1. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีประสิทธิภาพ 81.45/85.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

2. ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบสัมฤทธิผลทางการเรียนหลังเรียน ($\overline{X}$ = 12.68) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 5.54) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้วิธี Average Normalized gain พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.77 ซึ่งอยู่ในความก้าวหน้าระดับสูง

4. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80)

คำสำคัญ : คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิศวกรรมแสงสว่าง การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

Thesis title	Development of Multimedia Computer Assisted Instruction for Teaching Illumination Engineering on Interior Lighting Design
Author	Acting 2nd Krirkwut Rangseepanya
Degree	Master of Science in Technical Education
Major program	Educational Innovation and Technology
Academic Year	2013

ABSTRACT

The objectives of this research were to 1) develop the Multimedia Computer Assisted Instruction for Teaching Illuminant Engineering on Interior Lighting Design 2) compare learning achievement between before and after learning 3) evaluate students' learning progress and 4) study students' satisfaction on the Multimedia Computer Assisted Instruction.

The sample studied were 28 third year students belonging to the field of electrical power engineering, faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakon. The instruments of this research included 1) the Multimedia Computer Assisted Instruction for teaching Illuminant Engineering on Interior Lighting Design 2) an quality evaluation questionnaire of the Multimedia Computer Assisted Instruction 3) pretest and posttest of learning achievement and 4) student satisfaction questionnaire on the Multimedia Computer Assisted Instruction.

The results were as follow:

1. The efficiency of the Multimedia Computer Assisted Instruction for teaching Illuminant Engineering on Interior Lighting Design was 81.45/85.71 which was higher than the criteria set of 80/80.

2. The mean score of posttest ($\overline{X}$ = 12.68) was significantly higher than pretest ($\overline{X}$ = 5.54) at .01 level.

3. The evaluation result of learning progress by the method of Average Normalized Gain was 0.77 which was in a high progress level.

4. Students' satisfaction on the Multimedia Computer Assisted Instruction for teaching Illuminant Engineering on Interior Lighting Design was at the level of the most satisfaction ($\overline{X}$ = 4.80).

Keywords : Multimedia Computer Assisted Instruction (MCAI), Illumination Engineering, Interior Lighting Design.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุชลี อุปภัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัย และตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ดวงกมล โพธิ์นาค ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร.ผกามาศ ชูสิทธิ์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำปรึกษาและปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้เชี่ยวชาญ ทุกท่านที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญ ที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่กรุณาเอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวกในทุกเรื่องตลอดการทดลอง ทำให้การทดลองสำเร็จลุล่วงได้อย่างดียิ่ง และขอบพระคุณอาจารย์เกื้อกูล ตาเย็น ที่ให้ความช่วยเหลือประสานงานกับทางมหาวิทยาลัย

ตลอดระยะเวลาที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและข้อมูลการจัดทำวิทยานิพนธ์ การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียนี้ เพื่อน ๆ และอาจารย์ทุกท่านช่วยกระตุ้นและให้คำปรึกษาแนะนำ ที่สำคัญคือให้กำลังใจ จนทำให้ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งนี้ คาดหวังว่าจะเป็นประโยชน์กับนักศึกษาใช้ในการเรียน และอาจารย์ได้ใช้ศึกษา และใช้เป็นแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในงานวิจัยโอกาสต่อ ๆ ไป

เกริกวุฒิ รังสีปัญญา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
1.4 สมมุติฐานการวิจัย	4
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	5
1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 หลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง	7
2.2 เนื้อหาสาระเกี่ยวกับรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง	8
2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนรู้	43
2.4 การวิจัยและพัฒนา การหาประสิทธิภาพ การหาผลสัมฤทธิ์ และการประเมินผลการเรียนรู้	63
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	76
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	80
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	80
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	80
3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล	86
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	91
4.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	91
4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	101
4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	102
4.4 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	103
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	105
5.1 สรุปผลการวิจัย	106
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	107
5.3 ข้อเสนอแนะ	111
เอกสารอ้างอิง	113
ภาคผนวก	117
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	118
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	122
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	134
ภาคผนวก ง ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย	156
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	166

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าดัชนีความถูกต้องของสีของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ	25
4.1	ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบรายบุคคล	98
4.2	ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบกลุ่มเล็ก	99
4.3	ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบกลุ่มใหญ่ หรือภาคสนาม	100
4.4	ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง	100
4.5	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (t) ของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	101
4.6	เปรียบเทียบผลคะแนนการทดสอบความก้าวหน้าทางการเรียน	102
4.7	ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	103
ข.1	เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	131
ค.1	แสดงค่า IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	135
ค.2	รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน	136
ค.3	รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ) ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน	137
ค.4	รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 1	139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ค.5	รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 2	140
ค.6	รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 3	141
ค.7	ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ EVANA 4.0	142
ค.8	ผลการวิเคราะห์รายฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder - Richhardson) กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ EVANA 4.0	143
ค.9	ข้อมูลและการวิเคราะห์หาค่า เฉลี่ย $\overline{X}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. ของการทดสอบก่อนและหลังเรียน	144
ค.10	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนหาค่า t – test	146
ค.11	ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับนักเรียน) p หมายถึง รายการประเมินข้อที่	150
ค.12	ผลการประเมินความพึงพอใจจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร	152

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของแสงจากดวงอาทิตย์	9
2.2	สีของความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน	9
2.3	โครงสร้างของดวงตา	10
2.4	สีของความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน	11
2.5	สีของวัตถุถูกส่องด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกัน	13
2.6	การดูดกลืนแบบเลือก	14
2.7	สีปฐมภูมิหรือแม่สีของงานพิมพ์	15
2.8	สีปฐมภูมิหรือแม่สีของแสง	16
2.9	Munsell color diamensions	17
2.10	แผนภาพแสดงสีระบบมันเซลล์	19
2.11	CIE Chromaticity Diagram	21
2.12	CIELAB 1976 ซึ่งแสดง L, a, b color space	22
2.13	กราฟอุณหภูมิสี	24
2.14	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง	26
2.15	ไดอะแกรมแสดงประเภทของหลอด	27
2.16	หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent)	28
2.17	หลอดฟลูออเรสเซนต์	28
2.18	หลอดคลายประจุความเข้มสูง	29
2.19	หลอดโซเดียมความดันไอสูง	30
2.20	หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	30
2.21	หลอดไอปรอทความดันสูง	31
2.22	หลอดเมทัลฮาไลด์	32
2.23	หลอดฟลูออเรสเซนต์	32
2.24	โคมไฟส่องลงชนิดต่าง ๆ กัน	34
2.25	โคมไฟส่องขึ้นชนิดต่าง ๆ	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.26	โคมฟลูออเรสเซนต์แบบเปลือย	37
2.27	โคมฟลูออเรสเซนต์โรงงาน	38
2.28	โคมฟลูออเรสเซนต์กรองแสงแบบฝังฝ้า	39
2.29	โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรง	39
2.30	การกระจายแสงของโคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง	40
2.31	โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง	41
2.32	การแบ่งมุมลำแสงของโคมไฟสาดตาม NEMA Field Angle	48
4.1	ภาพหน้าแรกของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย	92
4.2	ภาพการแบ่งเนื้อหาการเรียนรู้	92
4.3	ภาพแสดงการแบ่งหัวข้อ และกิจกรรม	93
4.4	ภาพแสดงเข้าสู่การเรียน	93
4.5	ภาพตัวอย่างการบรรยายเนื้อหาการเรียน	94
4.6	ภาพตัวอย่างการบรรยายเนื้อหาการเรียน	94
4.7	ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกถูก – ผิด	95
4.8	ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกจับคู่	95
4.9	ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกคำให้ถูกกับข้อ	96
4.10	ภาพแสดงตัวอย่างการเลือกแบบโคมไฟ	96
4.11	ภาพแสดงหน้าแบบทดสอบก่อนเรียน	97
4.12	ภาพแสดงหน้าแบบทดสอบหลังเรียน	97

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษามีความสำคัญสูงสุดและมีบทบาทต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ ฉะนั้นต้องจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา มีความรู้คู่คุณธรรม มีจริยธรรม และวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข สำหรับการจัดการเรียนการสอนควรเน้นที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้มีมาตรฐาน สามารถก้าวทันเทคโนโลยี และสามารถใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542) ดังนั้นคุณภาพการศึกษาจึงเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาประเทศ และการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม การพัฒนาประเทศจะไม่บรรลุผลสำเร็จด้วยดี หากประชาชนของชาติขาดการศึกษาหรือการศึกษามีอยู่ในระดับที่ต่ำ

ในการจัดการศึกษา อุ้มบุญ สิงห์อัศวิน (2550 : 9) ได้กล่าวถึง ปัญหาของการพัฒนาการศึกษาที่สำคัญคือ การขาดแคลนอัตรากำลังข้าราชการครูในสถานศึกษาที่ส่งผลกระทบรุนแรงต่อคุณภาพการศึกษาของประเทศ สาเหตุสำคัญมาจากการขยายโอกาสทางการศึกษา และหลักสูตรของสถานศึกษาที่เน้นการพัฒนาตนเอง สังคม และอารมณ์ อันจะช่วยให้ผู้เรียนมีความมั่นใจ มีความรับผิดชอบ มีความสัมพันธ์ที่ดี และมีการพัฒนาตนเองและพัฒนามชีวิตที่ดีในสังคม สถานศึกษาควรเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาตนเอง ความรู้สึกนึกคิด ศีลธรรม สังคมและวัฒนธรรม โดยจัดกิจกรรมทุกอย่างที่ช่วยให้ผู้เรียนได้มีโอกาสค้นหาความรู้ในสิ่งที่ต้องการ (สุดาวรรณ เครือพานิช. 2551 : 57) นอกจากนี้ ครูยังมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้มีการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูจำเป็นต้องจัดรูปแบบการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละบุคคลทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้มากที่สุด และสื่อการเรียนการสอนเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้ไปสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการ เช่น การสอนโดยใช้สื่อประกอบการบรรยาย การสอนแบบจัดกลุ่ม การใช้คอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน (สุปราณี นฤนาทนโรดม. 2549 : 12)

เทคโนโลยีมัลติมีเดียหรือคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียเป็นสื่อการเรียนการสอนที่เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวงการการศึกษาด้านการเรียนการสอนในสาขาวิชาต่าง ๆ มากขึ้น เพราะเป็น

ความหวังในการที่จะพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้เท่าเทียมกัน ด้วยความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลทั้งภาพและเสียงในเวลาเดียวกัน มัลติมีเดียเป็นสื่อประสมประสาน เช่น อักษร เสียง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวและภาพกราฟิก นำข้อมูลมาสื่อความหมาย ผ่านคอมพิวเตอร์ไปสู่ผู้ใช้ โปรแกรมมีการปฏิสัมพันธ์เป็นการสื่อสารสองทางมีการตอบโต้ของผู้ใช้กับคอมพิวเตอร์ (จิระ หนูบรรจง 2550 : 6) การนำคอมพิวเตอร์ในแบบมัลติมีเดียมาใช้ผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์นั้น ทำให้รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์มีความหมายและความน่าสนใจมากขึ้น ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียเป็นการนำเอาหลักการของบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์และเครื่องช่วยสอนมาผสมผสานกัน แต่บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียจะมีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนที่ดีกว่าบทเรียนโปรแกรมหลายประการ เช่น ความสามารถในการจัดเก็บเนื้อหา ความเร็วในการจัดเก็บเนื้อหา การซ่อนและค้นหาคำตอบ การเสริมแรงและการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน สามารถแสดงผลความก้าวหน้าของผู้เรียนได้อีกด้วย ทำให้ผู้เรียนได้ทราบถึงข้อบกพร่องในการเรียนและกลับไปเรียนในหน่วยการเรียนที่ยังไม่เข้าใจซ้ำหลาย ๆ ครั้งได้

จากประสบการณ์ของผู้วิจัยซึ่งทำการสอนนักศึกษาวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง ระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พบปัญหาในการเรียน การสอน เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งมีเนื้อหาในการเรียนการสอนที่มีความซับซ้อน ต้องใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์เพื่อคำนวณหาค่าความสว่างให้ได้ตามข้อกำหนดของสมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย และความรู้ด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ต้องใช้จินตนาการ เพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานให้เกิดความสวยงามควบคู่กันไป และผู้ที่จะออกแบบแสงสว่างจะต้องมีความรู้พื้นฐาน เรื่องสีของแสง หลอดไฟ และโคมไฟ เป็นพื้นฐานเสียก่อน เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบ และการเลือกวัสดุ แต่ถ้าหากความรู้พื้นฐาน เรื่องสีของแสง หลอดไฟ และโคมไฟไม่ดีก็จะเกิดปัญหาในการออกแบบและการเลือกวัสดุ ดังนั้นผู้ที่จะสามารถออกแบบแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ อีกทั้งต้องมีความสามารถทางด้านการออกแบบแสงสว่างถูกต้องตามระเบียบแบบแผน ส่งผลให้นักศึกษาส่วนมากไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผล ในการที่นักศึกษาจะผ่านเกณฑ์การประเมินผลได้นั้น จะต้องทำการทบทวนและสอนเสริมหลาย ๆ ครั้ง ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณในการจัดการเรียนการสอน

จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงได้นำเทคโนโลยีมัลติมีเดียมาสร้างสื่อการสอนในวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ให้มีความซับซ้อน โดยนำตัวอักษร ภาพนิ่ง กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดิทัศน์ และเสียง มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถ

ปฏิสัมพันธ์ หรือโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรมได้ดี มีการปฏิสัมพันธ์ได้หลายรูปแบบ เช่น ปฏิสัมพันธ์ทางเมาส์ ปฏิสัมพันธ์ทางแป้นพิมพ์ หรือการสัมผัสหน้าจอ เป็นต้น ง่ายในการใช้งาน สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ และเมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วได้ขนาดของไฟล์ไม่ใหญ่จนเกินไป ดังนั้น การประยุกต์กระบวนการเรียนการสอน โดยการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียขึ้น จึงช่วยทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และการเรียนการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดีย จะช่วย ผ่อนแรงผู้สอนได้มาก อีกทั้งยังสามารถลดปัญหาข้อจำกัดในเรื่องของเวลาเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียจึงเป็นสื่อที่สามารถพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างมีคุณภาพ ผู้เรียนสามารถศึกษาจากบทเรียนเป็นลักษณะมัลติมีเดียที่มีการใช้ภาพ และเสียงมานำเสนอ มีความเข้าใจง่าย และสามารถเรียนด้วยตนเองตามความสามารถของ แต่ละบุคคล ซึ่งจะเหมาะต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล ผู้เรียนสามารถศึกษาเนื้อหาตามความต้องการ และใช้เวลาตามความเหมาะสมของตนเองในการเรียนรู้ นอกเหนือจากการเรียนในห้องเรียน และเกิดจินตนาการต่าง ๆ จากภาพที่เห็น สามารถนำเทคนิค วิธีการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในชีวิต และนำไปต่อยอดในวิชาการด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย อีกทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่พัฒนาขึ้น ยังเป็นนวัตกรรมการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ทำให้ความสนใจในการเรียนของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น เกิดแรงกระตุ้นสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจ ใฝ่เรียน มีเจตคติที่ดีต่อวิชาที่เรียน รวมทั้งเป็นการตอบสนองแนวนโยบายการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2544 : 61 – 63) ที่ว่ารัฐบาลต้องส่งเสริมและพัฒนาให้มีการผลิตและการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

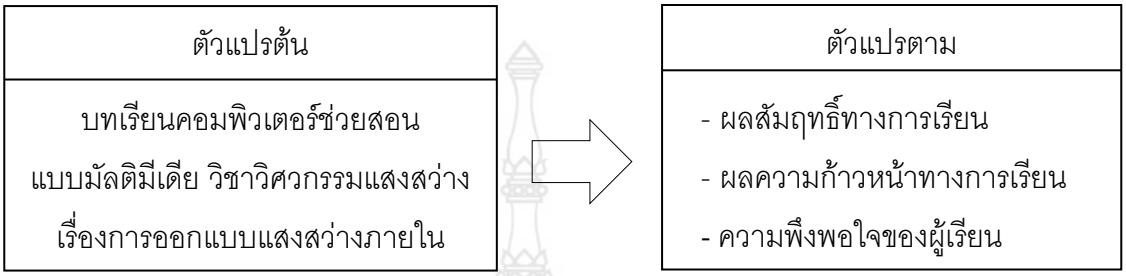
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

3. เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยมีกรอบการวิจัย ดังนี้



1.4 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ภายหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนสูง

4. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร อยู่ในระดับมาก

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. เนื้อหาที่ใช้ในการบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

เนื้อหาวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่อง การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยการสร้าง และนำเสนอด้วยโปรแกรม Adobe Flash CS3 ประกอบด้วยบทเรียน 3 เรื่อง คือ

1.1 เรื่อง ความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมแสงสว่าง

1.2 เรื่อง หลอดไฟฟ้า

1.3 เรื่อง โคมไฟฟ้า

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวนทั้งสิ้น 115 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 28 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ การเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ตัวแปรตาม ได้แก่ คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนความก้าวหน้าทางการเรียน และคะแนนความพึงพอใจของผู้เรียน

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดีย หมายถึง บทเรียนที่นำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อทางการเรียน โดยมีหน้าที่นำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับศึกษาด้วยตนเองประกอบไปด้วย ภาพ ตัวอักษร เสียงบรรยาย และเสียงประกอบ มีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ โดยใช้การนำเสนอในรูปแบบการสื่อสารไปมาทั้งสอง ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย หมายถึง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ที่ได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 ดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80

3. คุณภาพของคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร หมายถึง คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ที่ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา และด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ)

3.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา หมายถึง ผู้ที่ตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทหรือสูงกว่า และมีความรู้ความสามารถ ตลอดจนมีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง และมีประสบการณ์ในการทำงานไม่ต่ำกว่า 3 ปี

3.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา หมายถึง ผู้ที่ตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโทหรือสูงกว่า และมีความรู้ความสามารถ ตลอดจนมีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาด้านเทคโนโลยีการศึกษา และมีประสบการณ์ในการทำงานไม่ต่ำกว่า 3 ปี

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ความจำ และความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ระดับปริญญาตรี ซึ่งวัดได้จากคะแนน ที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและหาคุณภาพแล้ว

5. ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ผลคะแนนความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนที่เพิ่มขึ้นภายหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

6. ความพึงพอใจของผู้เรียน หมายถึง ความน่าสนใจของสื่อ ความชอบ ความรู้สึกการออกแบบ เกี่ยวกับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินเป็นแบบสอบถามความพึงพอใจ ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ที่มีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาอื่น ๆ ต่อไป

2. ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้จากการเรียน และมีแรงจูงใจในการเรียน โดยเรียนอย่างมีความสุข รวมทั้งสามารถจดจำบทเรียนได้ดีกว่าการเรียนแบบดั้งเดิม

3. นักศึกษามีผลการเรียนในวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารดีขึ้น และมีพื้นความรู้เพียงพอที่จะสามารถศึกษาต่อในระดับสูงต่อไป

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 หลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง

2.2 เนื้อหาสาระเกี่ยวกับรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง

2.2.1 ความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมแสงสว่าง

2.2.2 หลอดไฟฟ้า

2.2.3 โคมไฟฟ้า

2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนรู้

2.3.1 จิตวิทยาการเรียนรู้กับพัฒนาสื่อการเรียนการสอน

2.3.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย

2.4 การวิจัยและพัฒนา การหาประสิทธิภาพ ผลสัมฤทธิ์ ความก้าวหน้า และความพึงพอใจในการเรียน

2.4.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา

2.4.2 การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.4.3 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4.4 การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียน

2.4.5 การสำรวจความพึงพอใจในการเรียน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่างที่นำมาพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียในงานวิจัยนี้ เป็นหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

พุทธศักราช 2550 หมวดวิชาชีพเฉพาะ กลุ่มวิชาชีพเลือกทางวิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดยหลักสูตรรายวิชามีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษามีความรู้ในเรื่องหน่วยและคำศัพท์เฉพาะของแสง ตาและการมองเห็น สีและการจำแนกสี หลอดไฟฟ้า และดวงโคม วิธีการให้แสงสว่างภายในอาคารและสภาวะแวดล้อม เทคนิคการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ระบบแสงสว่างและการอนุรักษ์พลังงานอาคาร และการออกแบบแสงสว่างภายนอก

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าหลักสูตรรายวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับพื้นฐานการออกแบบแสงสว่าง หลอดไฟ โคมไฟ การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร เช่น การออกแบบห้องเรียน สำนักงาน โรงพยาบาล อาคารอเนกประสงค์ สนามแข่งขันกีฬาในร่ม เป็นต้น การออกแบบแสงสว่างภายนอกอาคาร เช่น การออกแบบแสงสว่างในสวนสาธารณะ แสงสว่างป้ายโฆษณา แสงสว่างสนามแข่งขันกีฬา แสงสว่างอนุสาวรีย์และประติมากรรม กลางแจ้ง แสงสว่างไฟถนน เป็นต้น และการประยุกต์ใช้งานจริงเพื่อเป็นพื้นฐานการเรียนในวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวของและ ให้สอดคล้องกับแนวโนมด้านเทคโนโลยีที่ได้มีความก้าวหน้าไปตามยุคสมัย ซึ่งเนื้อหาสาระดังกล่าว ถ้าสอนด้วยวิธีบรรยาย และยกตัวอย่างหรือมีรูปภาพประกอบแบบดั้งเดิม อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ และเกิดจินตนาการได้ยาก เนื่องจากเนื้อหามีความซับซ้อนทั้งทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ จึงเป็นที่มาให้ผู้วิจัยนำเทคโนโลยีมัลติมีเดียมาใช้ในการสร้างสื่อเสริมหรือประกอบการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพ ทดลองทำ และสามารถคิดวิเคราะห์จนเกิดความรู้ ความเข้าใจได้อย่างชัดเจนและลึกซึ้ง

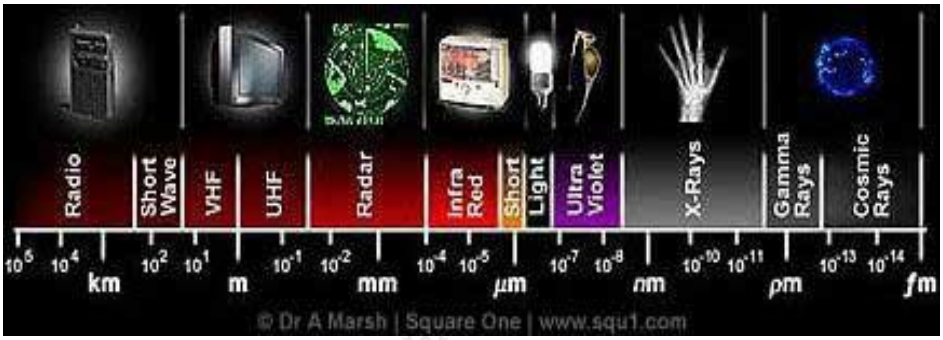
2.2 เนื้อหาสาระเกี่ยวกับวิศวกรรมแสงสว่าง

วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีเนื้อหาสาระเกี่ยวข้องกับ 3 หัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

2.2.1 ความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมแสงสว่าง

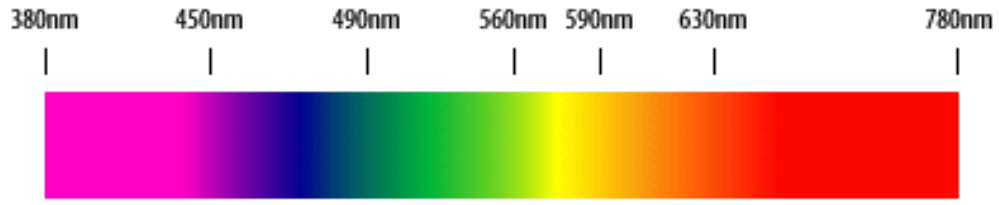
2.2.1.1 แสง

แสงเป็นพลังงานที่ทำให้เกิดการมองเห็น ในทางฟิสิกส์ถือว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ประมาณ 300,000 กม./วินาที มีคุณสมบัติในการกระจายพลังงานออกมาที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ ที่รู้จักกันดีคือดวงอาทิตย์ซึ่งให้พลังงานออกมาที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กว้างมากตั้งแต่รังสีคอสมิกจนถึงคลื่นวิทยุ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ความยาวคลื่นต่าง ๆ ของแสงจากดวงอาทิตย์

แต่แถบพลังงานที่มีอิทธิพลต่อตาคนเราและทำให้เกิดการมองเห็นเป็นเพียงช่วงแคบ ๆ ระหว่าง 380 - 780 นาโนเมตร เราเรียกช่วงของการกระจายนี้ว่า Visible spectrum ช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้เราสามารถแยกให้เห็นแถบของการกระจายพลังงานอย่างกว้าง ๆ ได้ 7 แถบ แต่ละแถบของการกระจาย พลังงานเรียกว่า Spectrum ช่วงการกระจายที่ต่างกันทำให้เรามองเห็นสีต่างกันดังภาพที่ 2.2 แถบสีแต่ละแถบในช่วง Visible Spectrum ซึ่งให้แสงสีต่างกันเราไม่สามารถแยกให้เห็นส่วนประกอบของแต่ละแถบสีได้ ไม่ว่าด้วยวิธีใด ๆ และเราเรียกแถบสีนี้ว่า แสงเอกพันธ์ (Homogeneous Light) แต่เมื่อนำแสงเหล่านี้มารวมกันจะทำให้เกิด แสงสีใหม่เราเรียกแสงสีที่เกิดขึ้นใหม่นี้ว่าแสงวิวิธพันธ์ (Non-Homogeneous Light) เช่น แสงจากดวงอาทิตย์เกิดจากการรวมกันของแสงทั้ง 7 สี ในช่วง Visible Spectrum เป็นต้น

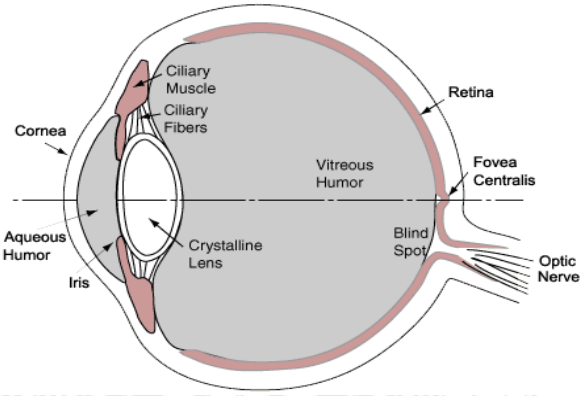


ภาพที่ 2.2 สีของความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 2.1 ความยาวคลื่นและสีของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน

แสงสี	ความยาวคลื่น (nM.)
แดง	780 - 630
ส้ม	630 - 590
เหลือง	590 - 560
เขียว	560 - 490
น้ำเงิน	490 - 440
คราม	440 - 420
ม่วง	420 - 380

2.2.1.2 ตา และการมองเห็น



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของดวงตา

ตาคนเราแต่ละข้างจะมีโครงสร้างดังภาพที่ ซึ่งประกอบด้วย

1. Sclera เป็นส่วนของตาขาวทั้งหมดทำหน้าที่ห่อหุ้มลูกตาเอาไว้

2. Cornea กระจกตา เป็นเยื่อบางใส อยู่ด้านนอกของลูกตา ทำหน้าที่หักเหแสงให้ตกลงบน Retina โดยแสงจะส่องผ่านรูม่านตา (Pupil) ซึ่งจะรับแสงมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ การบีบรัดตัวของม่านตา (Iris) ทั้งนี้แสงส่วนใหญ่จะถูกหักเหด้วย Cornea ส่วนที่เหลือจะถูกปรับละเอียดอีกครั้งด้วยเลนซ์

3. Choroid ประกอบด้วยเส้นเลือดต่างๆ มากมายเพื่อหล่อเลี้ยงดวงตา

4. Iris ม่านตา ทำหน้าที่ปรับปริมาณแสงให้เข้าสู่ retina อย่างเหมาะสม

5. Ciliary Body หรือ Ciliary Muscle เป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่บีบบังคับเลนซ์ให้พองหรือแฟบเข้า เพื่อรับภาพเข้าสู่จุดโฟกัส

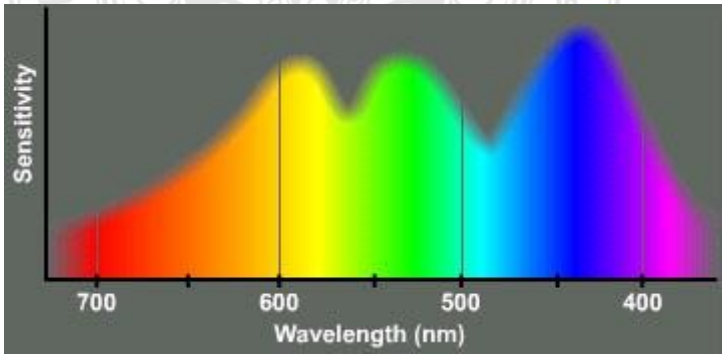
6. Ciliary Zonules หรือ Ciliary Fibers เป็นเอ็นยึดระหว่าง Ciliary Body กับเลนซ์ เมื่อตาได้รับภาพวัตถุ กล้ามเนื้อของ Ciliary Body จะกระทำต่อ Zonules เป็นเหตุให้เลนซ์ขยายตัวขึ้น และรับภาพนั้นเข้าสู่จุดโฟกัสโดยทำงานสัมพันธ์กับม่านตา และขณะที่วัตถุเคลื่อนห่างจากดวงตา กล้ามเนื้อจะคลายตัวออกทำให้เลนซ์แฟบลง กระบวนการที่เกิดขึ้นเรียกว่า Accommodation ค่า Magnitude ของ Accommodation จะลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้นทำให้การมองเห็นไม่ชัดเจน การลดลงของค่า Magnitude เชื่อว่าเป็นเพราะการแข็งตัวของเลนซ์ภาวะอย่างนี้เรียกว่า Presbyopia ซึ่งจะเริ่มเป็นเมื่ออายุราว 40 ปีขึ้นไป

7. Fovea เป็นจุดเล็ก ๆ บนเรตินา ซึ่งเป็นจุดที่มองเห็นชัดที่สุด

8. Optic nerves ประสาทตาซึ่งต่อเชื่อมกับเซลรับแสงบนเรตินามีจำนวนนับล้านเส้น

9. Retina เป็นส่วนของเซลรับแสง ประกอบด้วยเซลไวแสง 2 ชนิด คือ Cones กับ Rods

Cones เซลรับแสงที่มีลักษณะเป็นแท่งทู่ ๆ รวมกันอยู่อย่างหนาแน่นบริเวณรอบ ๆ Fovea มีจำนวน 6 - 7 ล้านอันแบ่งเป็น 3 กลุ่มมีความไวต่อแสงสีต่างกันคือไวต่อแสงสีแดง, เขียวและน้ำเงิน



ภาพที่ 2.4 สีของความยาวคลื่นที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน

Cones จะมีผลต่อการมองเห็นแบบ daylight เท่านั้นซึ่งจะเริ่มทำงานเมื่อได้รับแสงประมาณ 1 fl. (foot-Lambert) ขึ้นไป การมองเห็นสีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับการทำงานของ Cones ถ้า Cones ทั้ง 3 กลุ่ม

ทำงานพร้อมกันเท่า ๆ กันจะมองเห็นเป็นแสงสีขาวหรือไม่มีสี ถ้า Cones ตัวใดตัวหนึ่งเสียไปจะทำให้เกิดตาบอดสี

Rods เซลรับแสงที่มีลักษณะเป็นแท่งยาว ๆ ไวแสงมาก กระจายอยู่บริเวณรอบนอก Fovea มีจำนวนประมาณ 100 ล้านอัน rods จำนวนหลายพันตัวถูกต่ออยู่กับเส้นประสาท 1 เส้น จึงทำให้ความคมชัดของการมองเห็นต่ำมาก จะไม่ปรากฏสีต่าง ๆ ในระบบของ rods จะเห็นเป็นเพียงขาว-ดำเท่านั้น rods จะทำงานเมื่อได้รับแสงสว่างน้อย ๆ คือระหว่าง 10^{-6}- 1 fl.

จากการทำงานของ Cones และ Rods ก็พอจะแบ่งระดับการมองเห็นออกเป็น 3 ระดับ คือ

(9.1) Scotopic Vision เป็นช่วงที่ Rods ทำงานเพียงอย่างเดียวจะมองเห็นวัตถุต่าง ๆ เป็นสีขาว-ดำ เท่านั้น โดยแสงที่ได้รับมีค่าระหว่าง $10^{-6} – 10^{-2}$ fl.

(9.2) Mesopic Vision เป็นช่วงที่ Rods และ Cones ทำงานร่วมกันทำให้มองเห็นวัตถุเป็นสีปนขาว - ดำ แต่ไม่สามารถระบุให้แน่ชัดได้ว่าเป็นสีใด เป็นภาวะแสงสลัวที่มีความสว่างประมาณ 10^{-2} - 1 fl.

(9.3) Photopic Vision เป็นช่วงที่ Cones ทำงานเพียงอย่างเดียวจะมองเห็นวัตถุ ต่าง ๆ เป็นสีถูกต้องและบอกรายละเอียดของวัตถุได้ชัดเจน เมื่อได้รับแสงสว่างตั้งแต่ 1 fl. ขึ้นไป

การมองเห็นทั้ง 3 ระดับเมื่อทำการทดสอบกับตาคนปกติโดยการวัดจุดเริ่มตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ในย่าน Scotopic และ Photopic พบว่าตาคนเรามีความไวต่อแสงสี ที่ความยาวคลื่น 510 nm. (ในย่าน Scotopic) และ 555 nm. (ในย่าน Photopic) มากที่สุด ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงสีเหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

ความชัดเจนแม่นยำของการมองเห็น (Visual Acuity) ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลัก 4 ตัว คือ

(9.3.1) ขนาดของวัตถุ (Size) เป็นขนาดที่ตกกระทบบนเรตินาซึ่งวัดอยู่ในรูปของมุมแห่งการมอง (Visual angle) ที่ถูกกำหนดด้วยระยะทางกับขนาดทางกายภาพของวัตถุ และพบว่าคนเราจะมองเห็นภาพชัดเจนที่สุดที่มุมประมาณ 1.4 - 2 องศา

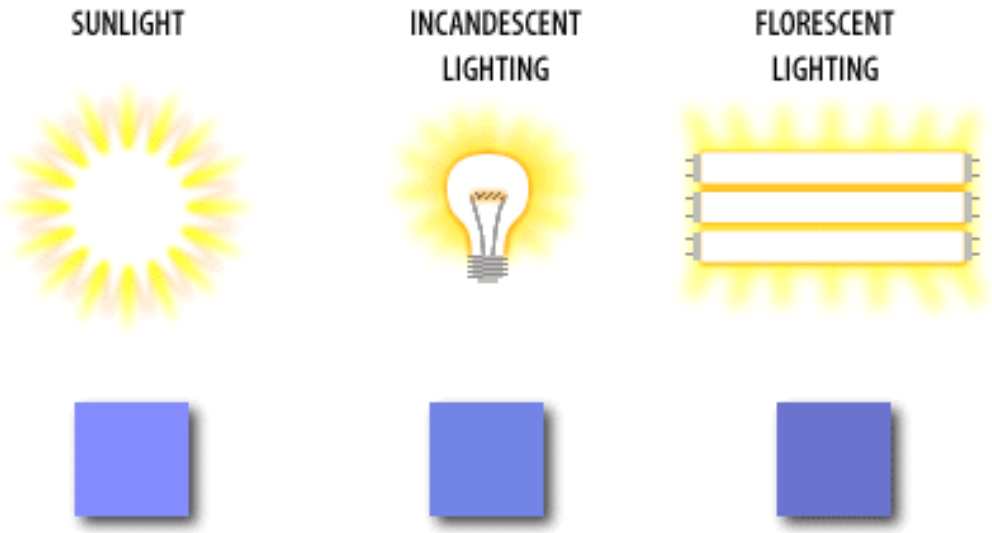
(9.3.2) ความสว่าง (Luminance) ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นผิวใด ๆ แล้วสะท้อนเข้าสู่ตาเราในปริมาณที่เหมาะสม

(9.3.3) ความแตกต่างของสีวัตถุกับพื้นผิวโดยรอบ (Contrast) เป็นความแตกต่างระหว่างวัตถุกับฉากหลัง เกิดขึ้นโดยการสะท้อนแสงจากพื้นผิววัตถุนั้น ๆ เข้าตาเรา โดยพื้นผิวเหล่านั้นอาจมีสีหรือความสว่างแตกต่างกัน ถ้าความแตกต่างยิ่งมากก็จะยิ่งมองเห็นวัตถุชัดเจนขึ้น

(9.3.4) เวลา (Time) เวลาที่ใช้มองต้องมากพอที่จะระบุรายละเอียดของวัตถุนั้น ๆ ได้

2.2.1.3 สีของแสง (Color)

สีเป็นผลตอบสนองทางใจของคนเราต่อความยาวคลื่นในย่านต่าง ๆ ของพลังงานแสงที่ตกกระทบบนชั้นเรตินาในลูกตา ซึ่งคุณสมบัติการกระจายทางสเปกตรัมของวัตถุ จะทำให้เกิดสีเฉพาะของวัตถุขึ้นมา เช่น แดง, เขียว ฯลฯ ถ้าวัตถุถูกส่องด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกันก็จะทำให้เรามองเห็นสีวัตถุต่างกันด้วยดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงสีของวัตถุถูกส่องด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกัน

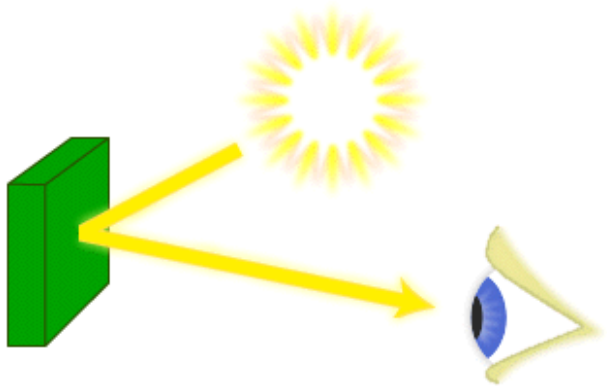
สำหรับเรื่องสีของแสง มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ทฤษฎีสี

ในศตวรรษที่ 17 นิวตันพบว่าลำแสงสีขาวของแสงแดดประกอบด้วยรังสี แสงสว่าง ที่มีสีต่างกันหลายสี เพราะเมื่อให้แสงแดด ส่องผ่านแท่งปริซึม แสงจะกระจายออกเป็น

สีรุ้ง (เรียกว่าสเปกตรัม) แต่เมื่อนำเอาสเปกตรัมเหล่านั้นมาผ่านแท่งปริซึมอันที่ 2 แสงที่ได้จะกลายเป็นสีขาวเหมือนเดิม เขาจึงสรุปว่าสีรุ้งทั้ง 7 ในสเปกตรัมเป็นสีปฐมภูมิ

ถ้าปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวเช่น 650 nm. ที่มีปริมาณมากพอกระทบเรตินาในลูกตาความรู้สึกถึงสีที่ต่างจากสีอื่น จะเกิดขึ้น และสิ่งเร้านั้นจะบอกว่าเรากำลังมองเห็นเป็น สี “แดง” ดังนั้นสีจึงแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกหรือเรื่องราว ของการมองเห็น ซึ่งเกิดจากการกระทำของพลังงานที่ความยาวคลื่นใด ๆ ที่กระทำต่อเรตินาของตาคนปกติ ความแตกต่างของความยาวคลื่น จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ต่างกันของการมองเห็นสี วัตถุจะมองดูแตกต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แสงสี ที่ต่างกัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้น การสะท้อนแสงของวัตถุและคุณสมบัติในการตอบสนองของตาผู้สังเกต สีของวัตถุจึงขึ้นอยู่กับปรากฏารณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorption) ดังภาพ 2.6

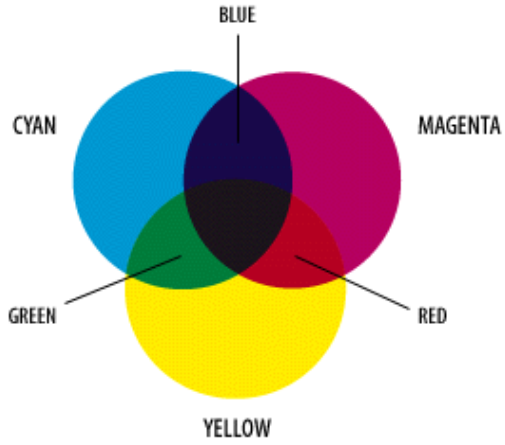


ภาพที่ 2.6 การดูดกลืนแบบเลือก

การดูดกลืนแบบเลือกเป็นผลของสีวัตถุที่แยกอนุภาคของแสงที่ส่องสว่างวัตถุนั้น ส่วนหนึ่งของรังสีจะถูกดูดกลืนไว้ แล้วสะท้อน ส่วนที่เหลือออกไป เช่น วัตถุที่มีสีเขียวเมื่อถูกส่องด้วยแสงแดด วัตถุนั้นจะดูดกลืนพลังงานในช่วงอื่นไว้ยกเว้นสีเขียวและสะท้อน แสงสีเขียวเข้าตาเรา จึงมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีเขียวเป็นต้น

2) ทฤษฎีการผสมสีแบบลบ

บริวสเตอร์ได้ทดลองเกี่ยวกับสีต่าง ๆ และพบว่ามีสีหลักอยู่ 3 สี ที่สามารถนำมาผสมกันเพื่อทำให้เกิดสีรุ้งทั้ง 7 ที่นิวตันได้พบ ในสเปกตรัมของแสงแดด สีทั้ง 3 ที่บริวสเตอร์เรียกว่า สีปฐมภูมิหรือแม่สีของวัตถุ คือ สีแดงเข้ม (Magenta), สีเหลือง (Yellow) และสีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีเหล่านี้เรียกว่า สีปฐมภูมิแบบลบ



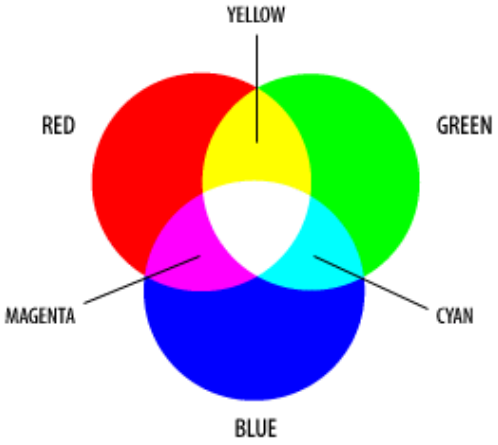
ภาพที่ 2.7 สีปฐมภูมิหรือแม่สีของงานพิมพ์

ถ้าเอาสีปฐมภูมิแบบลบคู่ใดคู่หนึ่งมาผสมกัน จะเกิดสีทุติยภูมิแบบลบขึ้นมาอีก 3 สี คือ สีแดง (Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) ดังภาพ 2.7 แต่เมื่อเอาสีปฐมภูมิทั้ง 3 มาผสมรวมกันในสัดส่วนที่เท่ากันจะได้สีดำ การผสมสีแบบนี้พบได้ในสีน้ำ-สีย้อมทั่วไป

3) ทฤษฎีการผสมสีแบบบวก

ในศตวรรษที่ 19 โธมัส ยังได้บัญญัติทฤษฎีที่ว่าแสงสีขาวประกอบด้วย สีปฐมภูมิ 3 สี คือ สีแดง, เขียว และน้ำเงิน และกล่าวว่าสีปฐมภูมิเหล่านี้สามารถผสมกันเพื่อทำให้เกิดสีรุ้งทั้ง 7 ในสเปกตรัมได้ ทฤษฎีนี้ได้รับการยืนยันจากเฮลมโอซ์ และแมกซ์เวล

เฮลมโฮลซ์ได้ขยายงานทดลองของยัง โดยระบุว่า ภายในลูกตาคนเรามีใยประสาทเกี่ยวกับการมองเห็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีความรู้สึกไวต่อแสงปฐมภูมิในแต่ละช่วงต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 ไวต่อแสงสีแดง, กลุ่มที่ 2 ไวต่อแสงสีเขียว และกลุ่มที่ 3 ไวต่อแสงสีน้ำเงิน โดยคิดว่าแสงที่มีสีอยู่ระหว่างสีปฐมภูมิเหล่านี้สมองจะตีความหมายออกมาว่าเป็นสีอะไร ตามทฤษฎีนี้แสงสีขาวจะเกิดจากการเร้าความรู้สึกของใยประสาททั้ง 3 กลุ่มเท่า ๆ กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งสามารถใช้อธิบายการรวมกันของสีทางสเปกตรัมได้อีกด้วย การรวมกันของสีของแสงเรียกว่า ขบวนการผสมสีแบบบวก ซึ่งตรงข้ามกับทฤษฎีสีของบริวสเตอร์



ภาพที่ 2.8 สีปฐมภูมิหรือแม่สีของแสง

ระบบการเรียกชื่อสี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

(1) ระบบการจัดสีแบบ Monochromatic

กลุ่มแรกเป็นระบบการจัดสีที่มีตัวแปรที่ใช้กำหนดสีอยู่ 3 ตัว คือ ความยาวคลื่นเด่น (Dominant wavelength) หรือชื่อสี (hue), ความอิ่มตัวหรือความบริสุทธิ์ (Saturation) และความสว่าง (Brightness) ระบบนี้จะมีแผ่นตัวอย่างสีมาตรฐาน ที่มีการจัดระเบียบและตั้งชื่อเพื่อให้ง่ายต่อการระบุสี การเลือกสีก็ทำได้โดยการเทียบกับตัวอย่างสีมาตรฐานที่มีให้ ระบบที่มีชื่อเสียงมากคือ ระบบสีของมุนเซล (Munsell color system) ซึ่งใช้สำหรับเรียกชื่อสีของวัตถุจำพวกสีน้ำ, สีย้อม, สีหมึกต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขการส่องสว่างมาตรฐาน

กลุ่มหลังเป็นระบบการจัดสีที่เกี่ยวกับงานวิจัยการผลิตและจำหน่าย มีข้อดี คือ ได้รวมเอาผลของคุณสมบัติการสะท้อนแสง หรือการส่งผ่านแสง (สีของวัตถุ), คุณสมบัติทางสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสง (สีของแสง), คุณสมบัติการมองเห็น เพื่อใช้สังเกตเห็นสีอันแท้จริงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด ระบบที่มีชื่อเสียงมากคือ ระบบสี CIE (CIE color system) โดย CIE ได้สร้างสามเหลี่ยมสีขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดสีได้อย่างแม่นยำโดยอาศัยผลการคำนวณทางคณิตศาสตร์

(2) ระบบการจัดสีแบบ Trichromatic

ตามระบบการวัดที่แตกต่างกัน ระบบ การวัดสีที่นิยมแบ่งได้ 3 ระบบ คือ ระบบมันเซลล์ (Munsell system), ระบบ CIE (CIE chromaticity system), ระบบ ฮันเตอร์ แล็ป (Hunter Lab system)

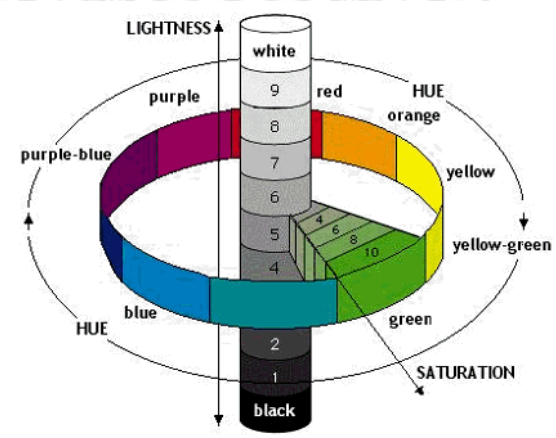
โดยในที่นี้จะกล่าวถึงระบบมันเซลล์ และ ระบบ CIE เท่านั้น เครื่องมือที่ใช้ วัดสี เรียกว่าเครื่องสเป็กโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ที่สามารถวัดสีของวัตถุออกมาเป็นตัวเลขได้ ซึ่งจะวัดปริมาณการสะท้อนแสงของวัตถุเทียบกับมาตรฐานอ้างอิงที่เป็นreflectance curve วัตถุที่มีสีแตกต่างกันจะมี reflectance curve ต่างกัน วัตถุที่มีสีต่างกันเมื่อสะท้อนแสงของสีนั้นออกมาก็จะมีความยาวคลื่นต่างกันโดยที่

สีน้ำเงิน มีความยาวคลื่นที่ 430-460 นาโนเมตร
สีเขียว มีความยาวคลื่นที่ 500-580 นาโนเมตร
สีแดง มีความยาวคลื่นที่ 620-780 นาโนเมตร

ระบบการวัดสีในเครื่อง Spectrophotometer มีอยู่หลายระบบด้วยกัน คือ ระบบมันเซลล์, ระบบ CIE Tristimulus Value, ระบบ CIE Chromaticity coordinate และระบบ CIE L*a*b*

(2.1) ระบบมันเซลล์ (Munsell Color System)

ในปี 1915 Albert Munsell สร้างระบบสีมาตรฐานเพื่อใช้ในงานด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมเป็นวิธีการบอกค่าสีโดยใช้หลักจิตวิทยา การแทนค่าสีโดยใช้ระบบนี้ ใช้ค่า 3 ค่า ดังแสดงในภาพ 2.9



ภาพที่ 2.9 Munsell color diamensions

ค่าทั้ง 3 ค่า ได้แก่ Hue Value และ Chroma มีรายละเอียด ดังนี้

(2.1.1) Hue หรือ เฉดสี คือ ชื่อของสีหลัก แบ่งเป็นสีต่างกันทั้งสิ้น 100 สี จัดเป็นกลุ่ม ดังนี้

(2.1.1.1) Principle Hues มี 5 สีคือ แดง (R), เหลือง (Y), เขียว (G), น้ำเงิน (B), ม่วง (P)

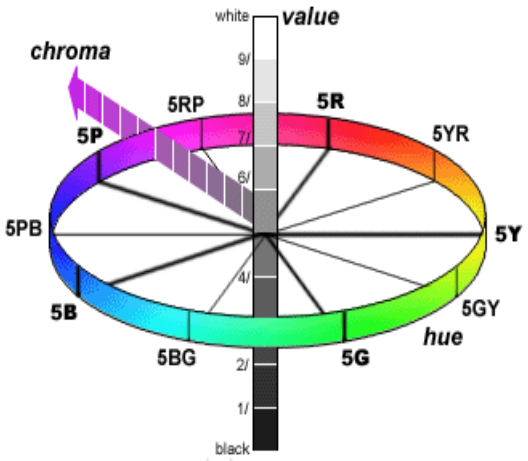
(2.1.1.2) Intermediate Hues มี 5 สีเป็นสีผสมของสีหลัก ได้แก่ สีเหลืองแดง (YR), สีเขียวเหลือง (GY), สีน้ำเงินเขียว (BG), สีม่วงน้ำเงิน (PB), สีม่วงแดง (RP)

(2.1.1.3) Second Intermediate Hues มี 10 สี เป็นสีผสมระหว่าง Principle Hue กับ Intermediate Hue

(2.1.1.4) Special Intermediate Hues มี 80 สี เป็นสีทีอยู่ระหว่าง Second IntermediateHues, Principle Hue และ Intermediate Hue โดยแบ่งเป็นช่วงละ 10 ส่วนเท่า ๆ กัน

(2.2.2) Value คือ ค่าแสดงความสว่างของสี (Lightness) หรือปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุถ้าปริมาณแสงสะท้อนมีมากจะทำให้เห็นสีสว่าง (Light color) ถ้าปริมาณแสงสะท้อนออกมาน้อยจะทำให้เห็นสีเข้มหรือมืด (Dark color) Value มีค่าตั้งแต่ 0 = black (หมายถึงวัตถุดำสมบูรณ์) ถึง 10 = white (หมายถึง วัตถุขาวสมบูรณ์)

(2.2.3) Chroma คือ ค่าที่แสดงความบริสุทธิ์ (Purity) ของสี สีที่บริสุทธิ์มากที่สุด คือสีที่ไม่มีแสงสีเทามาผสมเลย ซึ่งได้แก่สีหลัก (Hue) ทั้ง 100 สี แบ่งสเกลเป็น 0 ถึง 18 เป็นการวัดความแตกต่างของสีหลักจากสีเทาที่ lightness เดียวกันในระบบมันเซลล์จะแทนค่าสีด้วยสัญลักษณ์ 3 ค่า เรียงตามลำดับ คือ Hue/Value/Chroma เช่น 5R 2.6/13 เป็นสีมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ มะเขือเทศกระป๋องโดย 5R คือ ค่า Hue หมายถึง สีแดง ค่า Value เท่ากับ 2.6 ซึ่งจัดเป็น dark Value และ Chroma เท่ากับ 13 หมายถึง สีแดงนี้มีความบริสุทธิ์มาก การวัดค่าสีในระบบ มันเซลล์ ใช้วิธีเปรียบเทียบจับคู่ โดยระบบมันเซลล์จะมีแผ่นเทียบสีมาตรฐานซึ่งมีสีแตกต่างกัน 1225 สี การวัดค่าทำได้โดยให้ผู้วัดเทียบสีของอาหารให้เหมือนกับแผ่นสีมาตรฐานแล้วจดค่าสัญลักษณ์ในระบบมันเซลล์ เพื่อกำหนดค่าสีมาตรฐาน ตัวอย่างแผนผังแสดงสีมาตรฐานของระบบมันเซลล์ชนิด 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แผนภาพแสดงสีระบบมันเซลล์

(2.2) ระบบ CIE (Commission International de l' Eclairage) หรือ (International Commission on Illumination, ICI)

ระบบ CIE ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ.1931 เมื่อ Commission Internationale de l'Echairage (CIE) ได้เห็นความจำเป็นที่จะต้องมีระบบสีในรูปของ Objective ที่ไม่ต้องอาศัยประสบการณ์หรือความคิดของมนุษย์ในการวัดสี โดยจะวัดสีออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งมีข้อดีอยู่หลายประการ คือ

(2.2.1) เป็นระบบที่ไม่ขึ้นกับการมองเห็นของแต่ละบุคคล ทำให้ลดปัญหาขัดแย้งลงได้

(2.2.2) เป็นระบบสีที่บอกค่าของสีออกมาเป็นตัวเลข ดังนั้นถึงแม้ชิ้นตัวอย่างจะซีดลงตามกาลเวลาแต่ตัวเลขที่มีอยู่ก็ยังทราบได้ว่าสีเดิมเป็นอย่างไร

(2.2.3) เป็นระบบที่สามารถนำไปคำนวณและทำนายสูตรสีผสมได้ด้วยระบบ CIE มีแนวคิดว่าเนื่องจากปัจจัยในการมองเห็นสีของมนุษย์ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงวัตถุมีสี และสายตามนุษย์ ดังนั้น ถ้าสามารถวัดปัจจัยทั้ง 3 อย่างออกมาเป็นตัวเลขได้แล้ว ก็สามารถบอกสีออกมาเป็นตัวเลขได้ ในการวัดสีของวัตถุจากเครื่องวัดสีต้ องอาศัยแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ที่เมื่อให้แสงออกมาแล้วสามารถที่จะวัดการกระจายพลังงานที่แต่ละความยาวคลื่นได้ด้วยเครื่อง Spectroradiometer และด้วยผลของแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันจะมีผลให้การมองเห็นสีที่ต่างกัน ดังนั้น ระบบ CIE จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานของแหล่งกำเนิดแสงขึ้น คือ

(2.2.3.1) Illuminant A มีการกระจายพลังงานแต่ละความยาวคลื่น (SPD) ใกล้เคียงกับหลอดไฟทังสเตนหรือแหล่งกำเนิดแสง Incandescence อื่น ๆ ที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 2848 K

(2.2.3.2) Illuminant B เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากการนำ Illuminant A มาผ่านแผ่นกรองแสงมีอุณหภูมิสีประมาณ 4900 K โดย Illuminant B จะใช้แทน แสงแดดตอนเที่ยง แต่ปัจจุบันมักไม่เป็นที่นิยมใช้แล้ว

(2.2.3.3) Illuminant C เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ได้จากการนำ Illuminant A มาผ่านแผ่นกรองแสง มีอุณหภูมิสีประมาณ 6700 K โดย Illuminant C จะใช้แทนแสงแดดตอนกลางวัน

(2.2.3.4) Illuminant D เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีการกระจายพลังงานแต่ละความยาวคลื่น (SPD) ใกล้เคียงกับแสงแดดตอนกลางวันเช่นกัน แต่จะแบ่งละเอียดตามอุณหภูมิสีจากสีเหลืองจนถึงสีน้ำเงินโดย

D65: D = Daylight, 65 = อุณหภูมิสีของแสงแดดตอนกลางวัน 6500 K

D75: D = Daylight, 75 = อุณหภูมิสีของแสงแดดตอนกลางวัน 7500 K

(2.2.3.5) Illuminant D ที่มีตัวเลขน้อยต่อท้ายจะมีสีออกเหลืองมากกว่าที่มีตัวเลขมากและ Illuminant D ยิ่งมีตัวเลขมากเท่าไรก็ยิ่งจะมีสีออกฟ้าหรือน้ำเงินมากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตาม Illuminant D65 ก็เป็นที่นิยมใช้มากที่สุด

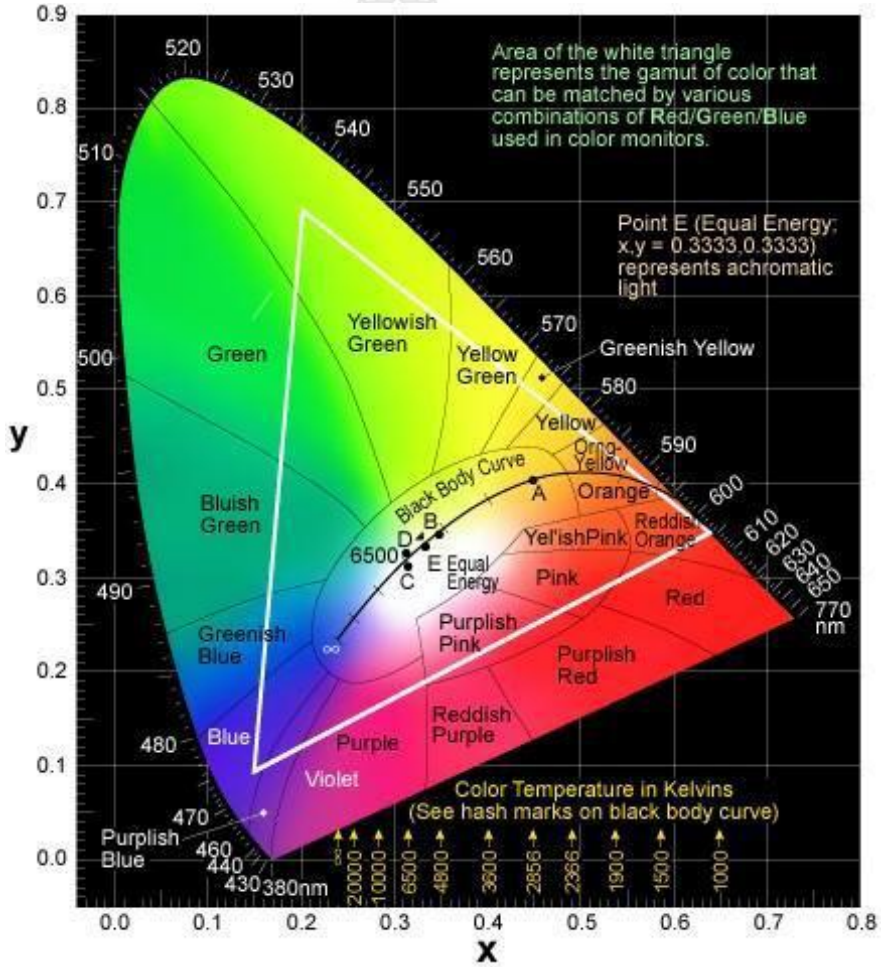
CIE Tristimulus Values จากการที่สามารถหาปริมาณการกระจายพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงการสะท้อนแสงของวัตถุ และการตอบสนองของตามนุษย์ที่ไวต่อแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นตัวเลขได้ดังกล่าวข้างต้น จึงทำให้สามารถคำนวณสีหรือระบุสีของวัตถุได้ออกมาเป็นตัวเลขโดยนำค่าทั้งสามที่แต่ละความยาวคลื่นเดียวกันคูณกันจากนั้นนำรวมกันตลอดความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ได้เป็นตัวเลข 3 ค่า X, Y และ Z

ค่า X, Y และ Z ที่ได้เรียกว่า CIE Tristimulus Values โดย X จะบอกความเป็นสีแดงของวัตถุ Y จะบอกความเป็นสีเขียวของวัตถุ และ Z จะบอกความเป็นสีน้ำเงินของวัตถุ

CIE Chromaticity Coordinates แม้ว่าจะสามารถระบุสีของวัตถุ โดยใช้ ค่า CIE Tristimulus Values หรือ X, Y และ Z ได้ก็ตาม แต่ก็จำเป็นที่จะต้องเข้าใจหรือหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวกับลักษณะของสีที่มองเห็น เช่น Hue, Value และ Chroma ด้วย ดังนั้นการระบุสีโดยแม้ว่าจะสามารถระบุสีของวัตถุโดยใช้ค่า CIE Tristimulus Values หรือ X, Y

และ Z ได้ก็ตาม แต่ก็จำเป็นที่จะต้องเข้าใจหรือหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวกับลักษณะของสีที่มองเห็น เช่น Hue, Value และ Chroma ด้วย ดังนั้นการระบุสีโดยใช้ค่า X, Y และ Z นั้น จึงยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากนัก และเพื่อให้การระบุสีโดยใช้ตัวเลขสามารถสื่อความหมายของสีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้มีการคำนวณค่า CIE Chromaticity Coordinates จากค่า Tristimulus Values

แผนผังที่ใช้บอกสีเรียกว่า CIE Chromaticity Diagram ซึ่งมีลักษณะเกือกม้า ดังภาพที่ 2.11 CIE hromaticity Diagram นี้ จะบอกได้เพียงลักษณะของสีที่ปรากฏให้เห็น และความสดใสของสีเท่านั้น แต่ถ้าต้องการบอกลักษณะของสีที่หมายถึงความสว่างของสี จะต้องกำหนดด้วยค่า CIE TristimulusValues, Y

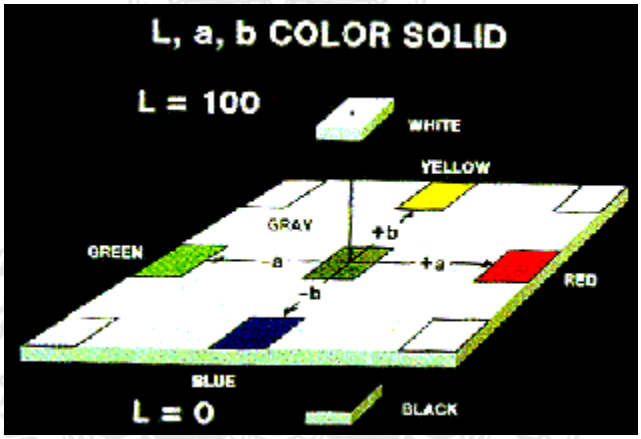


ภาพที่ 2.11 CIE Chromaticity Diagram

การระบุสีด้วยค่า CIE Chromaticity Coordinates จาก CIE Chromaticity Diagram ยังมีข้อบกพร่อง เนื่องจากวัตถุประสงค์อย่างหนึ่งของการวัดสีก็เพื่อ

ความคลาดเคลื่อนของสีออกไปจากมาตรฐาน ซึ่งในทางทฤษฎีจะเห็นว่าน่าจะใช้ความแตกต่างของสีสองสีที่เป็นตัวเลข Dx และ Dy บอกความคลาดเคลื่อนของสีออกไปจากมาตรฐานได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วพบว่า สายตามนุษย์มองเห็นความแตกต่างของสี ณ จุดต่าง ๆ บน CIE Chromaticity Diagram ได้ไม่เท่ากัน

CIE L*a*b* (CIELAB) เนื่องจากการระบุสีเป็นตัวเลข 2 ระบบ คือ ระบบที่ระบุตัวเลขด้วยค่า CIE Tristimulus Values (X, Y และ Z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x, y และ Y) ยังมีข้อเสียดังได้กล่าวแล้วข้างต้นจำเป็นต้องมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง CIE Chromaticity CoordinatesSystem ไปเป็นระบบใหม่หรือสมการใหม่ที่สามารถบอกความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอ (Uniform Chromaticity System, UCS) ซึ่งก็ได้ทำการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกัน อย่างมากมาย จนกระทั่งปัจจุบันนี้สมการที่ใช้ในการระบุสีที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางก็คือ CIELAB 1976 ซึ่งมีลักษณะของ color space ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 CIELAB 1976 ซึ่งแสดง L, a, b color space

โดย L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง

L = 0 = perfect black sample

L = 100 = perfect white sample

โดย a* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น – วัตถุมีสีออกเขียว

โดย b* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น – วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

ซึ่ง L* = 116(Y/Yn) 1/3 – 16

a* = 500[(X/Xn)1/3 - (Y/Yn)1/3]

b* = 200[(Y/Yn)1/3 - (Z/Zn)1/3]

โดยที่ Xn, Yn, Zn คือค่า Tristimulus Value ของ Reference white ภายใต้ Illuminant หนึ่ง เช่น D65 (Yn = 100 เสมอ ส่วน X/Xn, Y/Yn และ Z/Zn จะมีค่ามากกว่า 0.01) นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า “a” และ “b” เข้ากับ“hue” และ “chroma” โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue angle (h*) และ chroma (C*) hueangle เป็นตัวเลขที่ระบุว่าสีมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในกราฟมีหน่วยเป็นองศา

โดย $h^* = \tan - 1[b^*/a^*]$, $C^* = (a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$

ถ้า h* = 0 แสดงว่าเป็น สีแดง

h* = 90 แสดงว่าเป็น สีเหลือง

h* = 180 แสดงว่าเป็น สีเขียว

h* = 270 แสดงว่าเป็น สีน้ำเงิน

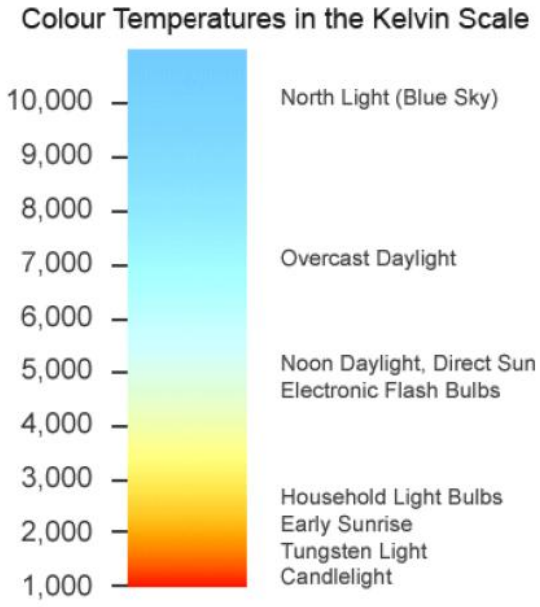
ส่วน Chroma จะได้จากความยาวของเส้นตรงจากจุดกำเนิดที่ a*=h*=0 ไปยังตำแหน่งของตัวอย่าง C* จะใช้บอกค่าความสดใสของสีที่ค่าความสว่างหนึ่ง ๆ โดยทั่วไป ในการระบุสีของวัตถุมีสีในระบบ CIELAB นั้นมักจะระบุด้วยค่า L*, C* และ h* มากกว่า L*, a* และ b* เนื่องจากจะทำให้เข้าใจและทราบลักษณะของสีได้ใกล้เคียงกับที่ตามนุษย์มองเห็นสี

4) อุณหภูมิสี (Color Temperature)

การบอกสีทางด้านการส่องสว่างมักบอกด้วยอุณหภูมิสี ซึ่งหมายถึงสีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ คูลไวท์ มีอุณหภูมิสี 6500 เคลวิน หมายถึง เมื่อเผาวัตถุสีดำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6500 เคลวิน วัตถุนั้นจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีคูลไวท์หรือขาวปนน้ำเงิน

ตัวอย่าง อุณหภูมิสีของหลอดต่าง ๆ เป็น ดังนี้

เทียนไข	1900	เคลวิน
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	2700	เคลวิน
หลอดอินแคนเดสเซนต์	2800	เคลวิน
หลอดฟลูออเรสเซนต์		
เดย์ไลท์ (Daylight)	6500	เคลวิน
คูลไวท์ (Cool White)	4500	เคลวิน
วอร์มไวท์ (Warm White)	3500	เคลวิน



ภาพที่ 2.13 กราฟอุณหภูมิสี

5) ความถูกต้องของสี (Color Rendering Index)

หมายถึง สีที่ส่องไปถูกวัตถุให้ความถูกต้องสีมากน้อยเพียงใด มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 - 100 โดย ค่า 0 หมายถึงหลอดไฟที่ให้แสงที่ทำให้สีของวัตถุผิดเพี้ยนจากความจริงอย่างสิ้นเชิง ส่วนค่า 100 คือแสงที่ทำให้สีของวัตถุแสดงสีที่แท้จริงตามธรรมชาติ

ตารางที่ 2.1 ค่าดัชนีความถูกต้องของสีของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหลอด	CRI (Color Rendering Index)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	100
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	100
หลอดฟลูออเรสเซนต์	60-90
หลอดแสงจันทร์	80-90
หลอดเมทัลฮาไลด์	40-60
หลอดโซเดียมความดันสูง	60-90
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	30-50

2.2.1.4 ความส่องสว่างและความสว่าง

(1) ความส่องสว่าง (อิลูมิแนนซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ (ถ้าหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต ความส่องสว่างก็เป็นฟุตแคนเดิล)

$$\text{อิลูมิแนนซ์} = \frac{\text{ปริมาณแสง(ลูเมน)}}{\text{พื้นที่(ม.}^2\text{)}}$$

(2) ความสว่าง (ลูมิแนนซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกัน จะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ต่างกัน สาเหตุที่ต่างกันก็เนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างกัน

2.2.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง

การเลือกชนิดของหลอดที่ใช้ควรให้สัมพันธ์กันระหว่างความส่องสว่าง (ลักซ์) และ อุณหภูมิสีของหลอด พิจารณาภาพที่ 2.14 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสี ความหมายกราฟในภาพที่ 2.14 หมายถึง หลอดที่มีอุณหภูมิต่ำควรใช้กับความส่องสว่างต่ำ หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงควรใช้กับความส่องสว่างสูง และ ถ้าใช้หลอดที่มี

อุณหภูมิสีต่ำกับความส่องสว่างสูงจะตกไปในแรงเงาด้านบนจะรู้สึกจ้า และถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงกับ ความส่องสว่างต่ำจะรู้สึกทึม ดังแสดงในกราฟแรงเงาในภาพที่ 2.14

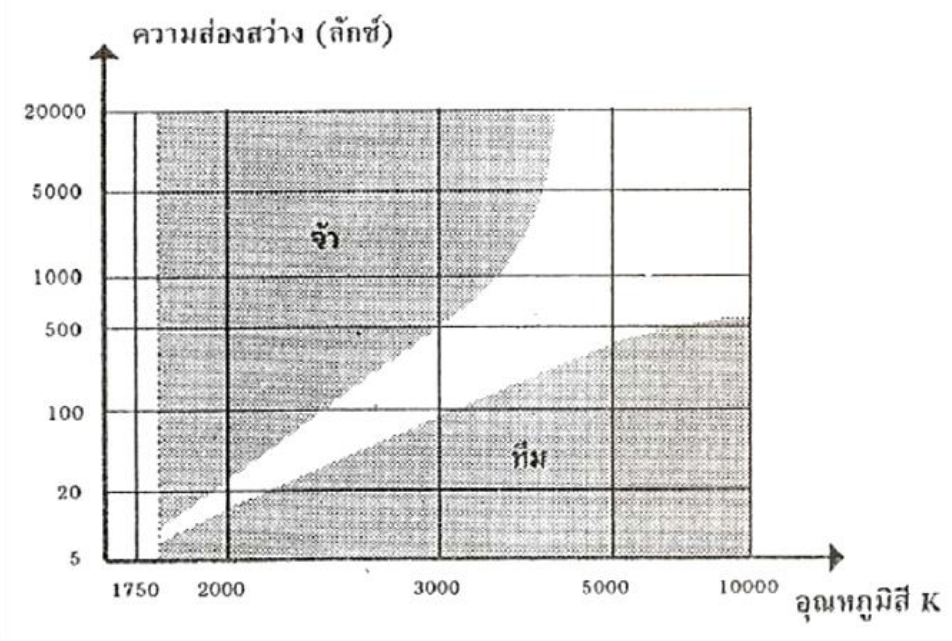
ตัวอย่าง การเลือกสีของหลอดให้สัมพันธ์กับความส่องสว่างของแต่ละงานจากกราฟในภาพที่ 2.14 เช่น

ร้านอาหารสลัว ความส่องสว่าง 20 ลักซ์ ควรใช้หลอด 2000 เคลวิน
นี่เป็นเหตุผลว่าทำไมร้านอาหารไฟสลัวจึงจุดเทียนไข

บ้านอยู่อาศัย ความส่องสว่าง 100 ลักซ์ ควรใช้หลอด 2500 เคลวิน
นี่เป็นเหตุผลว่าทำไมบ้านอยู่อาศัย หรือโรงแรมจึงใช้หลอดอินแคนเดส-เซนต์ ฮาโลเจน หรือหลอดวอร์มไวท์

สำนักงาน ความส่องสว่าง 500 ลักซ์ ควรใช้หลอด 4000 เคลวิน

ห้องเขียนแบบ ความส่องสว่าง 700 ลักซ์ ควรใช้หลอด 4500 เคลวิน



ภาพที่ 2.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง

2.2.2 หลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ของหลอด สามารถเขียนให้เห็นเป็นไดอะแกรมได้ดังแสดงในภาพที่ 2.15

ภาพที่ 2.15 ไดอะแกรมแสดงประเภทของหลอด

หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่างโดยทั่วไป ได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และหลอดคลายประจุความเข้มสูง แสงสว่างที่หลอดไฟเปล่งออกมาจะมีคุณภาพของแสงสว่าง โดยพิจารณาจากอุณหภูมิสีหรืออุณหภูมิสีเทียบเคียงและการแสดงสี หลอดไฟที่ใช้ในการส่องสว่าง มีอยู่ 3 ชนิดหลัก คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) และหลอดคลายประจุความเข้มสูง (high intensity discharge, HID) โดยอธิบายหลักการทำงานของหลอดแต่ละประเภทได้ ดังนี้

(1) หลอดอินแคนเดสเซนต์ (incandescent) คือ หลอดไฟที่เราเรียกว่า หลอดไส้ ซึ่งเป็นขดลวดทังสเตน เมื่อไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดทังสเตน ขดลวดจะร้อนจนแดงและเปล่งแสงออกมาหลอดชนิดนี้มีประสิทธิภาพต่ำคือประมาณ 10-25 ลูเมนต่อวัตต์ แต่มีราคาถูก หลอดไส้ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปมี 2 ชนิดคือ หลอดไส้ทังสเตนธรรมดา และหลอดทังสเตนฮาโลเจน หลอดไส้

ธรรมดาภายในหลอดจะบรรจุก๊าซเฉื่อยคืออาร์กอนผสมกับไนโตรเจน แต่หลอดทังสเตนฮาโลเจนจะบรรจุก๊าซฮาโลเจนซึ่งจะรวมกับทังสเตนที่ระเหิดออกมาในขณะร้อน เมื่อหลอดเย็นลงทังสเตนจะแยกออกมากลับไปเกาะที่ไส้ตามเดิมทำให้มีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้ธรรมดาประมาณ 2 เท่า และปริมาณแสงที่ให้ก็คงที่กว่าเพราะทังสเตนที่ไม่ไปจับที่ผนังหลอด จึงไม่ขุ่นมัวเหมือนหลอดไส้ธรรมดา

ภาพที่ 2.16 หลอดอินแคนเดสเซนต์

(2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ (fluorescent) เป็นหลอดไฟที่ใช้กันมากทั่วโลก ประสิทธิภาพ ในการให้แสงสว่างมากกว่าหลอดไส้คือ มีประสิทธิภาพระหว่าง 50 - 80 ลูเมนต่อวัตต์ ในขณะที่ประสิทธิภาพของหลอดไส้เท่ากับ 10 - 25 ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งทำให้ประหยัดไฟมากกว่า และยังประหยัดพลังงานความเย็นสำหรับระบบปรับอากาศ โดยเฉพาะศูนย์การค้าอาคารสำนักงาน เพราะเกิดความร้อนน้อยกว่ามากอายุการใช้งานนานถึง 20000 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับหลอดไส้ซึ่งมีอายุประมาณ 750 ชั่วโมง (หลอด 100 วัตต์) หลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ หลอดอุ่นขั้ว (preheat) หลอดติดทันที (instant start) และหลอดติดเร็ว (rapid start)

ภาพที่ 2.17 หลอดฟลูออเรสเซนต์

(3) หลอดคลายประจุความเข้มสูง (high intensity discharge, HID) หลอดชนิดนี้มีหลักการคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการทำให้เกิดแสง คือ สร้างกระแสอิเล็กตรอนให้วิ่งชนส่วนผสมของไอโลหะและก๊าซเฉื่อย แล้วปล่อยรังสียูวีไปทำให้สารเคลือบหลอดเกิดเรืองแสง หลอดนี้ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์ แต่จะมีขั้วหลอดเล็กกว่า มีความดันและความสว่างมากกว่าหลอดชนิดนี้ มีอยู่ 3 ชนิด คือหลอดแสงจันทร์ (mercury lamp) หลอดโลหะฮาไลด์ (metal halide lamp) และ หลอดโซเดียมความดันสูง (high pressure sodium)

ภาพที่ 2.18 หลอดคลายประจุความเข้มสูง

คุณลักษณะและรายละเอียดของหลอดไฟฟ้าแต่ละชนิด

หลอดไฟฟ้าที่ใช้ในงานติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าต่างกัน ในการเลือกหลอดเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ต้องเลือกหลอดที่มีประสิทธิผล (ลูเมนต์วัตต์) สูง อายุการใช้งานนาน และคุณสมบัติทางแสงของหลอดด้วย แต่งานบางอย่างก็ต้องเลือกใช้หลอดที่ไม่ประหยัดพลังงาน ฉะนั้นการนำหลอดไปใช้งานต้องพิจารณาความเหมาะสมในการนำไปใช้ มีอยู่ 6 ชนิด คือ

(1) หลอดโซเดียมความดันไอสูง

หลอดโซเดียมความดันไอสูงมีประสิทธิผลรองจากหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ คือ มีประสิทธิผลประมาณ 70 - 130 ลูเมนต์อวัตต์แต่ความถูกต้องของสีดีกว่าหลอดโซเดียมความดันไอต่ำ คือ 20 % หลอดประเภทนี้ให้สีเหมาะสำหรับงานทางด้านความปลอดภัย เพราะตามีความไวต่อการมองเห็นที่โทนสีเหลือง งานที่เหมาะใช้กับหลอดประเภทนี้ ได้แก่ งานที่ไม่มีปัญหา

เรื่องความถูกต้องของสีไฟถนนบริเวณที่ไม่ใช่ย่านธุรกิจ ไฟถนน ไฟสวนสาธารณะ อายุการใช้งานประมาณ 24,000 ชั่วโมง มีขนาดวัตต์ 50 70 100 150 250 400 และ 1,000 วัตต์

ภาพที่ 2.19 หลอดโซเดียมความดันไอสูง

(2) หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ

หลอดประเภทนี้มีสีเหลืองจัดและประสิทธิผลมากที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมด คือ มีประสิทธิผลประมาณ 120 - 200 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ความถูกต้องของสีน้อยที่สุด คือ มีความถูกต้องของสีเป็น 0 % ข้อดีของแสงสีเหลืองเป็นสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ดีที่สุด หลอดประเภทนี้ จึงเหมาะเป็นไฟถนนและอายุการใช้งานนานประมาณ 16,000 ชั่วโมง หลอดมีขนาดวัตต์ 18 35 55 90 135 และ 180 วัตต์

ภาพที่ 2.20 หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ

(3) หลอดปรอทความดันไอสูง

หรือที่ชาวบ้านเรียกว่าหลอดแสงจันทร์ และมีประสิทธิผลสูงพอกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ มีประสิทธิผลประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ แสงที่ออกมามีความถูกต้องของสีประมาณ 60 % ส่วนใหญ่ใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อต้องการวัตต์สูง ๆ เหมาะสำหรับใช้กับงานประเภทโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป แสงสว่างสาธารณะที่ต้องการความถูกต้องสี เช่น ไฟถนนไฟสาธารณะ บริเวณร้านค้าในพื้นที่ที่มีเพดานสูง อายุการใช้งานประมาณ 8,000 - 24,000 ชั่วโมง มีขนาดวัตต์ 50 80 125 250 400 700 และ 1,000 วัตต์

ภาพ 2.21 หลอดไอปรอทความดันสูง

(4) หลอดเมทัลฮาไลด์

หลอดเมทัลฮาไลด์ก็เหมือนกับหลอดปล่อยประจุอื่น ๆ แต่มีข้อดีที่ว่ามีสเปกตรัมแสงทุกสี ทำให้สีทุกชนิดเด่นภายใต้หลอดชนิดนี้ มีประสิทธิผลประมาณ 60 - 120 ลูเมนต่อวัตต์ เหมาะสำหรับใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสีมาก เช่น งานพิมพ์สี งานส่องสนามกีฬาและห้างสรรพสินค้า เป็นต้น มีอายุการใช้งานประมาณ 6,000 - 9,000 ชั่วโมง และมีขนาดวัตต์ 100 125 250 300 400 700 และ 1,000 วัตต์

ภาพที่ 2.22 หลอดเมทัลฮาไลด์

(5) หลอดฟลูออเรสเซนต์

เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight, cool white และ warm white ชนิดของหลอดชนิดนี้ที่ใช้งานกันทั่วไปคือแบบ Linear ขนาด 18 และ 36 วัตต์ และ Circular 22 32 และ 40 วัตต์ และมีประสิทธิผลประมาณ 45 - 80 ลูเมนต่อวัตต์ และมีอายุการใช้งาน 9,000 - 12,000 ชั่วโมง สำหรับ โซเดียมความดันไอต่ำไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากคุณภาพของการให้สีที่ไม่ถูกต้องส่วนไฟฟ้าส่องสว่างในเวลากลางคืนตามถนนของเมืองไทยเป็นลักษณะการใช้หลอดไฟแบบโซเดียมความดันไอสูง ซึ่งสีที่ได้จะเพี้ยนไปจากความเป็นจริงไม่มากนัก แต่การมองเห็นจะชัดเจน สำหรับในเขตย่านชุมชนหรือสถานที่ท่องเที่ยวที่ไม่สมควรมี ความเพี้ยนของสี และเพื่อให้ทัศนียภาพคงสภาพสีที่เหมือนจริง ควรใช้หลอดไฟแบบปรอทความดันไอสูง หรือเมทัลฮาไลด์

ภาพที่ 2.23 หลอดฟลูออเรสเซนต์

2.2.3 โคมไฟฟ้า

โคมไฟฟ้าทำหน้าที่บังคับทิศทางแสงของหลอดให้ไปในทิศทางที่ต้องการ โคมไฟฟ้ามีใช้กันมากมายหลายชนิดขึ้นอยู่กับการใช้งาน สำหรับโคมไฟฟ้ากับการประหยัดพลังงาน

ในที่นี้จะกล่าวถึงโคมไฟฟ้าที่ใช้ภายในอาคาร เพราะมีการนำมาใช้งานกันมาก จำเป็นต้องเลือกโคมไฟฟ้าที่สามารถประหยัดพลังงานและมีคุณภาพที่ดี

2.2.3.1 ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกโคมไฟฟ้า

(1) ความปลอดภัยของโคม

โคมไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานต้องได้รับมาตรฐานความปลอดภัยตามเกณฑ์ด้วย เช่น ต้องไม่มีคมจนอาจเกิดอันตราย ต้องมีระบบการต่อลงดินในกรณีที่ใช้กับฝ้าสูง เพื่อไม่เป็นอันตรายกับคนที่มาเปลี่ยนหลอด

(2) ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า (Luminaries efficiency)

โคมไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงาน หมายถึง โคมที่มีประสิทธิภาพของโคมสูงที่สุด คือ ให้ปริมาณแสงออกมาจากตัวโคมเมื่อเทียบกับปริมาณแสงที่ออกจากหลอดให้มีค่าสูงที่สุด

(3) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟฟ้า (Coefficients of Utilization)

ค่าที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพของโคม โดยที่รวมผลของความสูงและสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนของผนังและเพดานโดยผู้ผลิต

(4) แสงบาดตาของโคม (Glare)

เป็นค่าที่แสดงคุณภาพแสงของโคม ต้องเลือกโคมที่มีแสงบาดตาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

(5) กราฟการกระจายแสงของโคม (Distribution Curve)

โคมมีหลายชนิดด้วยกันแต่ละโคมก็มีกราฟกระจายแสงของโคมต่างกัน การนำโคมไปใช้ต้องเลือกกราฟกระจายแสงของโคมที่เหมาะสมกับงาน

(6) การระบายความร้อนของโคม

โคมไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานควรจะมีการระบายความร้อนได้ดี ถ้ามีอุณหภูมิสะสมในโคมมากเกินไปอาจทำให้ปริมาณแสงที่ออกจากหลอดลดลง เช่น โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพคก์ถ้าไม่มีการระบายความร้อนที่ดีปริมาณลดลงถึง 40% เป็นต้น

(7) อายุการใช้งาน

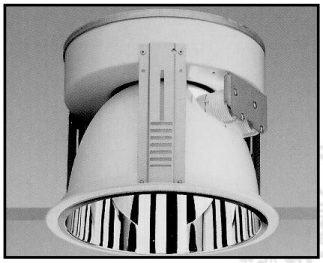
โคมไฟฟ้าที่ประหยัดพลังงานต้องพิจารณาอายุการใช้งานด้วย เช่น โคมต้องทำด้วยวัสดุที่สามารถใช้งานได้นานตามที่ต้องการโดยไม่ผุกร่อน และไม่มีการเปลี่ยนรูปเมื่อมีการบำรุงรักษาเนื่องจากการเปลี่ยนหลอดหรือทำความสะอาด

(8) สถานที่ติดตั้ง

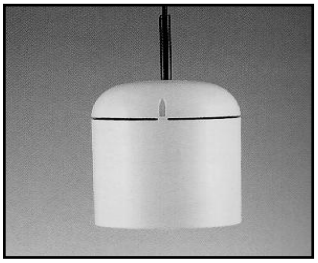
การเลือกใช้โคมแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับว่าต้องการนำไปใช้งานอะไรบ้าง ต้องการคุณภาพแสงมากน้อยเพียงใด หรือเน้นในเรื่องของปริมาณแสงแต่เพียงอย่างเดียว ต้องมีการป้องกันทางกล ป้องกันน้ำ ฝุ่นผงมากน้อยเพียงใด

2.2.3.2 โคมไฟส่องลง (Downlight)

โคมไฟส่องลง หมายถึง โคมไฟที่ให้แสงลงด้านล่าง เหมาะสำหรับใช้งานส่องสว่างทั่วไปอาจจะเป็น ชนิดฝัง ติดลอย แขวน หรือ กึ่งฝังกึ่งลอย ดังในภาพ 2.24



โคมไฟส่องลงชนิดฝัง



โคมไฟส่องลงชนิดแขวน

โคมไฟส่องลงชนิดติดลอย

โคมไฟส่องลงชนิดกึ่งฝังกึ่งลอย

ภาพ 2.24 โคมไฟส่องลงชนิดต่าง ๆ กัน

(1) โคมไฟส่องลงหลอดอินแคนเดสเซนต์

(ก) ใช้กับงานเฉพาะที่ต้องการความสวยงาม หรือเปิดใช้เป็นครั้งคราว

(ข) ใช้กับงานที่ต้องการปรับหรี่แสง

(2) โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

(ก) ใช้กับงานที่ต้องการเปิดใช้งานนานๆ

(ข) โคมไฟที่ใช้เป็นชนิดที่ถูกออกแบบมาสำหรับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์โดยเฉพาะ

(ค) โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ มี 2 แบบ คือ หลอดติดตั้งในแนวนอน และหลอดติดตั้งในแนวตั้ง

(3) โคมไฟส่องลงหลอดปล่อยประจุความเข้มสูง

(ก) ใช้กับงานที่มีความส่องสว่างสูง หรือบริเวณที่เพดานสูง

(ข) ใช้กับงานที่ต้องการเปิดใช้งานนาน ๆ

(ค) ใช้เวลาในการจุดหลอดนานประมาณ 3-10 นาที

(4) ข้อควรระวัง

การเปลี่ยนหลอดประหยัดพลังงานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ภายในโคมเดิม

(ก) ให้ระวังเรื่องแสงบาดตา และการระบายความร้อน ถ้าการระบายความร้อนไม่ดีปริมาณแสงอาจจะลดลงถึง 40% และอายุการใช้งานหลอดสั้นลง

(ข) การกระจายแสงและประสิทธิภาพของโคมโดยทั่วไปลดลง

2.2.3.3 โคมไฟส่องขึ้น

โคมไฟส่องขึ้น หมายถึง โคมไฟที่ให้แสงขึ้นไปด้านบนเพื่อให้แสงสะท้อนที่เพดาน และแสงดังกล่าวก็จะตกกระทบมาที่พื้นที่ทำงาน

โคมดังกล่าวเหมาะสำหรับงานที่เพดานสูง และเพดานมีสีอ่อน ใช้กับบริเวณที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสง สำหรับบริเวณที่ความส่องส่องน้อยประมาณ 200-300 ลักซ์ และสำหรับห้องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ต้องการแสงสะท้อนเนื่องจากโคมไฟส่องลงโคมดังกล่าวมีหลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.25

โคมไฟส่องขึ้น

โคมไฟส่องขึ้นแบบแขวน

โคมไฟส่องขึ้นแบบติดผนัง

โคมไฟส่องขึ้นแบบฝังพื้น

ภาพที่ 2.25 โคมไฟส่องขึ้นชนิดต่าง ๆ

โคมไฟส่องขึ้นมีคุณสมบัติและการใช้งานที่ควรพิจารณาดังนี้

(ก) มีความสม่ำเสมอของแสงและทำให้ห้องที่แคบมีความรู้สึกกว้างและมีบรรยากาศดี

(ข) โคมไฟส่องขึ้นโดยทั่วไปให้ประสิทธิภาพต่ำ แต่มีคุณภาพแสงสูง คือไม่มีแสงบาดตาทำให้เหมาะกับงานที่ต้องการคุณภาพแสงสูง เช่น ห้องคอมพิวเตอร์ ศูนย์ควบคุม

(ค) การใช้โคมไฟดังกล่าวเพดานต้องสูงมากกว่า 2.7 เมตรขึ้นไป เพื่อให้ไม่เกิดความร้อนที่เพดาน และไม่สว่างจ้าเกินไป

2.2.3.4 โคมฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟที่ใช้กันมากเพราะมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างสูง (Luminous Efficacy) โคมไฟสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จึงมีหลายรูปแบบเพื่อให้เหมาะกับการใช้งานแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถสรุปเป็นชนิดหลักๆได้ดังนี้

(1) โคมฟลูออเรสเซนต์เปลือย (Bare Type Luminaires)

โคมฟลูออเรสเซนต์เปลือยใช้กับงานที่ต้องการแสงออกด้านข้างที่ติดตั้งสำหรับเพดานที่ไม่สูงมากนักโดยทั่วไปไม่เกิน 4 เมตร และไม่พิถีพิถันมากนักกับแสงบาดตาจากหลอด เช่น ห้องเก็บของ ที่จอดรถ พื้นที่ที่มีชั้นวางของ ที่จอดรถ และในพื้นที่ใช้งานไม่บ่อยและไม่ต้องการความสวยงามมาก

ภาพที่ 2.26 โคมฟลูออเรสเซนต์แบบเปลือย

โคมฟลูออเรสเซนต์เปลือยมีคุณสมบัติและการใช้งานที่ควรพิจารณาดังนี้

(1.1) โคมดังกล่าวมีราคาถูก ทำความสะอาดง่าย และให้แสงสว่างในทุกทิศทาง

(1.2) โคมดังกล่าวไม่มีตัวครอบวัตถุภายนอกสามารถมากระแทกกับหลอดทำให้หลอดหลุดร่วงลงมาได้

(1.3) โคมดังกล่าวมีแสงบาดตาจากหลอด

(2) โคมฟลูออเรสเซนต์โรงงาน

โคมฟลูออเรสเซนต์โรงงานเป็นโคมที่มีแผ่นสะท้อนแสงเพื่อควบคุมแสงให้ไปในทิศทางที่ต้องการ แผ่นสะท้อนแสงอาจทำจากแผ่นอลูมิเนียม แผ่นเหล็กพ่นสีขาว หรือวัสดุอื่นที่มีการสะท้อนแสงสูง

ภาพที่ 2.27 โคมฟลูออเรสเซนต์โรงงาน

โคมฟลูออเรสเซนต์โรงงานมีคุณสมบัติและการใช้งานที่ควรพิจารณา ดังนี้

(2.1) โคมดังกล่าวมีราคาถูกกว่าโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเปลือย ทำความสะอาดง่ายและให้แสงสว่างมากในทิศทางที่ส่องไป

(2.2) โคมดังกล่าวไม่มีตัวครอบวัตถุภายนอกสามารถมากระแทกกับหลอดทำให้หลอดสามารถหลุดร่วงลงมาได้

(2.3) โคมดังกล่าวไม่เน้นความสวยงามและมีแสงบาดตาจากหลอด

(3) โคมฟลูออเรสเซนต์กรองแสง (Diffuser luminaire)

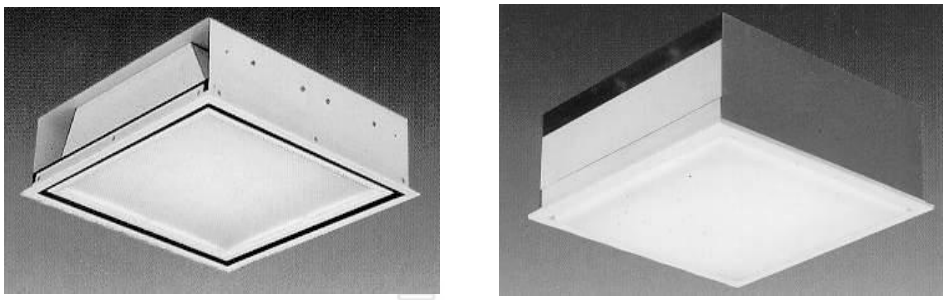
โดยทั่วไปแผ่นกรองแสงมี 3 แบบด้วยกันคือ

(3.1) แบบเกร็ดแก้ว (Prismatic diffuser)

(3.2) แบบขาวขุ่น (Opal diffuser)

(3.3) แบบผิวส้ม (Stipple diffuser)

โคมไฟดังกล่าวมีแผ่นกรองแสงปิดหลอดทั้งหมดเพื่อลดแสงบาดตาจากหลอด โคมประเภทนี้มีทั้งแบบติดฝังฝ้าหรือติดลอยหรือแบบตัวยู (U-shape) อาจเพิ่มแผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียมแบบเงา (Specular surface) หรือ แบบกระจายแสง (Diffuser surface) ที่ด้านหลังหลอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโคมไฟ โดยทั่วไปจะแนะนำเป็นแบบกระจายแสงที่มีค่าการสะท้อนแสงโดยรวมสูงเท่ากับแบบเงา โคมไฟประเภทนี้เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการแสงบาดตาจากหลอดต่ำและไม่ต้องการความเข้มส่องสว่างสูงมากนัก เช่น ในพื้นที่โรงพยาบาลที่ไม่ให้แสงรบกวนคนไข้ห้องประชุมที่ไม่ต้องการแสงบาดตาและแสงสว่างมาก

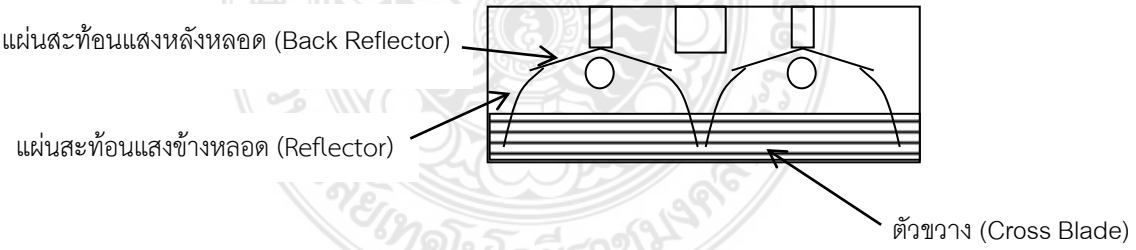


(ก) แบบเกร็ดแก้ว (ข) แบบขาวขุ่น

ภาพที่ 2.28 โคมฟลูออเรสเซนต์กรองแสงแบบฝังฝ้า

(4) โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรง (Louver luminaire)

โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงมีทั้งแบบติดลอยและฝังฝ้า ลักษณะของโคมไฟประกอบด้วยแผ่นสะท้อนแสงด้านข้างและอาจมีแผ่นสะท้อนแสงด้านหลังหลอดเพิ่มเข้ามาเพื่อสะท้อนแสงและควบคุมแสงให้ไปในทิศทางที่ต้องการ ส่วนตัวขวางจะสามารถลดแสงบาดตา เช่น ในมุมที่เลย มุมตัดแสง โดยทั่วไปแผ่นสะท้อนแสงและตัวขวางจะทำจากอลูมิเนียม (Anodized) ซึ่งมีทั้งแบบเงา (Specular Surface) และแบบกระจาย (Diffuser Surface) ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบโคมไฟและลักษณะการใช้งานของโคมไฟนั้น ซึ่งโคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรงมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.29



ภาพที่ 2.29 โคมฟลูออเรสเซนต์ตะแกรง

2.2.3.5 โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง

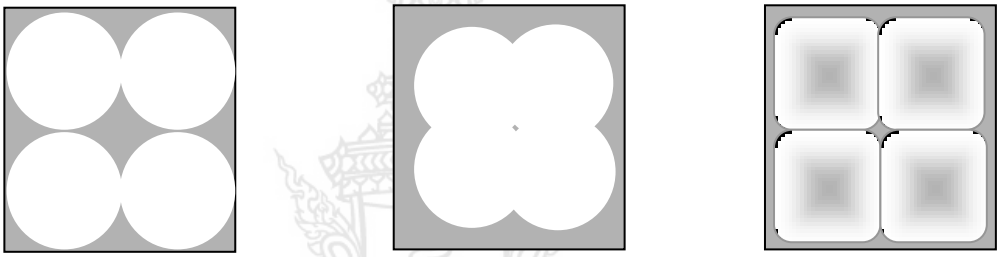
โคมไฟประเภทนี้โดยส่วนมากจะมีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบอลูมิเนียม (Aluminium Reflector) หรือ ตัวหักเหแสงพลาสติก (Plastic Reflactor) อาจจะมีเลนส์ ปิดหน้า

หลอดก็ได้ ทั้งหมดขึ้นอยู่กับการใช้งานในแต่ละอุตสาหกรรม ความสูง การกระจายแสงของโคมไฟที่ต้องการ ซึ่งการกระจายแสงของโคมไฟมี 2 ลักษณะ ดังนี้

(1) โคมแบบลำแสงกว้าง (Wide Beam) เหมาะสำหรับการติดตั้งที่ความสูงระดับ 4 - 7 เมตร

(2) โคมแบบลำแสงแคบ (Narrow Beam) เหมาะสำหรับการติดตั้งที่ความสูงประมาณ 6 เมตรขึ้นไป

นอกจากนี้โคมดังกล่าวจะมีรูปแบบของแสงเป็นรูปต่าง ๆ เช่น วงกลม หรือสี่เหลี่ยม เป็นต้น ซึ่งลักษณะรูปแบบของโคมจะเป็นดังภาพที่ 2.30



ก) แสงสว่างไม่สม่ำเสมอ ข) แสงสว่างสม่ำเสมอ ค) แสงสว่างสม่ำเสมอมาก

ภาพที่ 2.30 กระจายแสงของโคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง

จากภาพที่ 2.30 โคมแบบการกระจายแสงวงกลมเหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่ที่ไม่กว้างมาก หรือ พื้นที่ที่ไม่พิถีพิถันกับความสม่ำเสมอของแสง

ส่วนโคมแบบกระจายแสงสี่เหลี่ยมเหมาะสำหรับใช้พื้นที่ที่กว้างและต้องการความสม่ำเสมอของแสงโดยทั่วพื้นที่ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดโคมไฟและจำนวนหลอดได้ดีกว่าการเลือกโคมไฟแบบการกระจายแสงแบบวงกลม

การเลือกใช้กำลังไฟฟ้าของหลอดปล่อยประจุความดันไอสูงนั้นจะต้องคำนึงถึงความสูงในการติดตั้งตารางข้างล่างนี้เป็นตารางที่แนะนำให้ใช้เท่านั้น เพื่อความละเอียดและถูกต้องควรจะเลือกและคำนวณจากข้อมูลและกราฟของโคมไฟแต่ละชนิด

ภาพที่ 2.31 โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูง

โคมไฟโรงงานหลอดปล่อยประจุความดันไอสูงมีคุณสมบัติและการใช้งานที่ควรพิจารณา ดังนี้

(ก) โคมไฟชนิดนี้มีน้ำหนักมาก การติดตั้งต้องให้มั่นคงแข็งแรง เหมาะสำหรับการติดตั้งในบริเวณเพดานสูง แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ข) โคมต้องมีครอบแก้วปิดในกรณีที่ใช้ในพื้นที่ที่เกิดอันตรายมาก เมื่อหลอดแตกที่ผู้ผลิตแนะนำ

(ค) การใช้วัตต์ต่างกันในพื้นที่เดียวกันให้ระวังสีของหลอดที่แตกต่างกัน

(ง) การเลือกใช้หลอด ชุดควบคุมให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิต เพราะไม่ฉะนั้นอาจจะทำให้อายุการใช้งานสั้น แสงไม่ได้ตามที่ต้องการ สีเพี้ยน และไม่ประหยัดพลังงาน

2.2.3.6 โคมไฟสาด

โคมไฟสาดโดยทั่วไปใช้สำหรับงานส่องเน้นสถาปัตยกรรมตัวอาคาร หรือเพื่อการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น สนามกีฬา ลานจอดรถ สถานที่ก่อสร้าง บริเวณขนถ่ายสินค้า เป็นต้น

(1) คุณลักษณะทางกลศาสตร์ เนื่องจากโคมไฟสาดติดตั้งอยู่ภายนอกอาคาร ดังนั้น สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ

(1.1) ความสามารถในการป้องกันน้ำและฝุ่นผง อย่างน้อยควรมีค่า IP54

(1.2) วัสดุที่ใช้ทำตัวโคม ต้องเป็นวัสดุที่ทนการสึกกร่อนได้ดี มีความแข็งแรงและทนทานต่อการกระแทก โดยทั่วไปโครงสร้างของโคมทำจากอะลูมิเนียมหล่อขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ (Die-Cast Aluminium)

(1.3) กระจกที่ปิดหน้าโคมไฟสาด ต้องเป็นกระจกนิรภัยทนความร้อนที่เหมาะกับการใช้งานภายนอกอาคาร

(1.4) น้ำหนักของโคมกับสถานที่ติดตั้ง โคมไฟสาดที่ติดตั้งในที่สูง - โล่ง ควรคำนึงถึงแรงปะทะของลม

(2) คุณลักษณะทางแสง

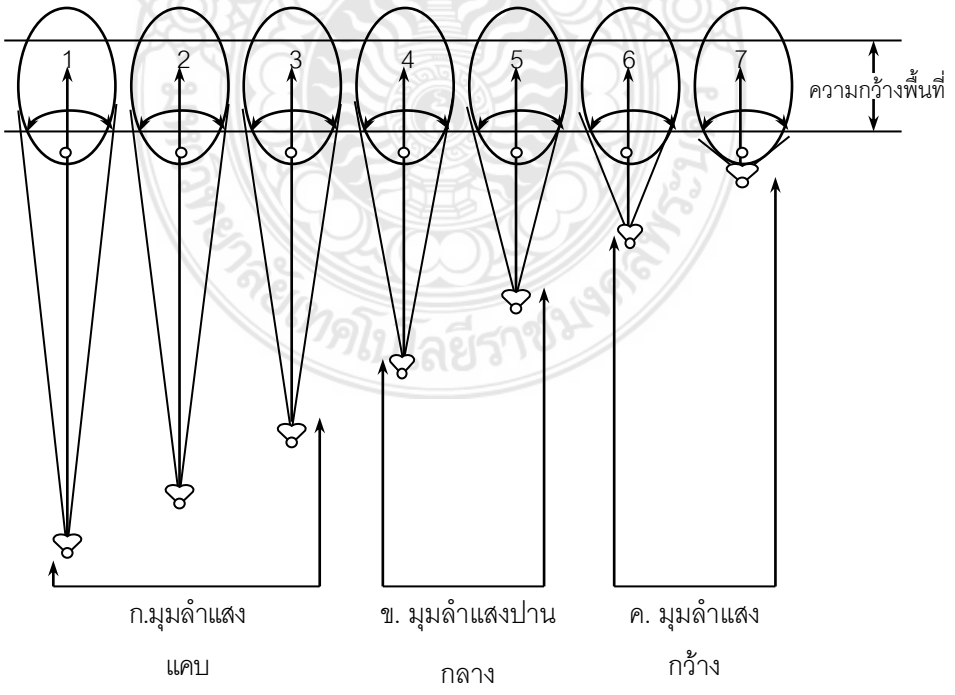
(2.1) การกระจายแสงของโคม แบ่งประเภทของโคมไฟสาดได้ตามกราฟ การกระจายแสงของโคมตามที่ CIE 43 (TC-2.4) 1979 กำหนด

(2.2) มุมลำแสง แบ่งประเภทของโคมไฟสาดได้ ตามมุมลำแสงตามที่ NEMA กำหนด คือ

(ก) มุมกว้างเหมาะสำหรับสาดอาคารที่ไม่สูง มีพื้นที่ด้านข้างมาก ๆ มีระยะที่สาดไม่ไกลนัก

(ข) มุมปานกลาง เหมาะสำหรับระยะสาดปานกลาง

(ค) มุมแคบ เหมาะสำหรับสาดอาคารสูง มีระยะที่สาดไกล



ภาพที่ 2.32 การแบ่งมุมลำแสงของโคมไฟสาดตาม NEMA Field Angle

(2.3) ข้อควรระวัง

(ก) เนื่องจากหลอดที่ใช้กับโคมไฟสาดที่ให้ความเข้มแสงสูงมากอาจเป็นอันตรายต่อสายตาได้ จึงต้องเลือกตำแหน่งในการติดตั้งให้เหมาะสม หรือเลือกใช้โคมไฟสาดที่ออกแบบให้โคมสามารถบังแสง (Shield Type) เพื่อไม่ให้มองเห็นแสงหรือภาพของหลอดปรากฏโดยตรงในมุมที่ไม่พึงประสงค์ และช่วยลดแสงบาดตาที่เกิดจากหลอดและตัวสะท้อนแสงให้มีน้อยที่สุดหรืออาจมีตัวกรองแสงปิดที่หน้าโคมซึ่งอาจเป็นเลนส์หรือกระจกที่ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลต

(ข) โคมที่ใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ที่มีขนาดวัตต์สูง ตัวโคมควรมีสวิตช์ตัดตอน(Disconnecting Switch) ในการซ่อมเพื่อให้ปลอดภัยและป้องกันอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเลต

จะเห็นได้ว่าการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ต้องใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อคำนวณหาค่าความสว่างให้ได้ตามมาตรฐานของสมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย และความรู้ด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ต้องใช้จินตนาการ เพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานให้เกิดความสวยงามควบคู่กันไป และผู้ที่จะออกแบบแสงสว่างภายใน และภายนอกอาคารจะต้องมีความรู้พื้นฐาน เรื่องสีของแสง หลอดไฟ และโคมไฟ ซึ่งถ้าสอนโดยการบรรยายและมีภาพประกอบเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความไม่กระจ่างและไม่สามารถนำไปประยุต์ใช้ได้จริง ดังนั้น ในการพัฒนาสื่อผสมมัลติมีเดียครั้งนี้ ได้มีกิจกรรมโดยการสร้างภาพจำลองห้องขึ้นมา แล้วให้ผู้เรียนสามารถเลือกชนิดของหลอดไฟและสีของหลอดไฟที่หลากหลายด้วยตัวเอง จากนั้นผู้เรียนจะสามารถสังเกตเห็นถึงความสว่างที่ได้ในสถานที่นั้นว่าเป็นอย่างไร และให้อารมณ์ ความรู้สึกเช่นไรไปตามสีที่ผู้เรียนเลือก

2.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนรู้

2.3.1 จิตวิทยาการเรียนรู้กับพัฒนาสื่อการเรียนการสอน

การจัดการเรียนสอน เป็นการบูรณาการตามแนวความคิดของนักจิตวิทยากลุ่มพฤติกรรมนิยมเนื่องจากในความหมายทางจิตวิทยากลุ่มพฤติกรรมการเรียนรู้คือกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของทฤษฎีการเรียนรู้ เช่น ทฤษฎีสิ่งเร้าและการตอบสนอง

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2533 : 61 – 62) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้อันเกิดจากกระบวนการตอบสนองเมื่อมีการเสนอสิ่งเร้านั้น มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการ คือ

(1) แรงขับ (Drive) หมายถึง ความต้องการของผู้เรียนในบางสิ่งบางอย่าง แล้วจูงใจ (Motivated) ให้ผู้เรียนหาหนทางตอบสนองความต้องการนั้นสิ่งเร้า (ความรู้ การถาม) การตอบสนอง (คำตอบ) ข้อมูลป้อนกลับ (ผลแห่งความรู้)

(2) สิ่งเร้า (Stimulus) เมื่อสิ่งเร้าผู้เรียนจะได้รับความรับรู้ (Message) หรือการชี้แนะ (Cue) ทันทีทันใดจากสิ่งเร้านั้นก่อนที่จะตอบสนอง

(3) การตอบสนอง (Response) หมายถึง การที่ผู้เรียนแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อ สิ่งเร้าซึ่งอธิบายได้ด้วยพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออก

(4) การเสริมแรง (Reinforcement) หมายถึง การให้รางวัล เช่น การชมเชยผู้เรียนในกรณีที่ผู้เรียนตอบสนองความถูกต้อง

ทฤษฎีการเรียนรู้ของกาเย่ (Gagné) กาเย่ได้ให้นิยามการเรียนรู้ไว้ว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพหรือความสามารถของมนุษย์ซึ่งสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมบางประการที่แสดงออกมา การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการที่มนุษย์ได้รับประสบการณ์จากสภาพการณ์การเรียนรู้ในระยะเวลาหนึ่ง กาเย่และคณะ (Gagné and others. 1988 : 8-14) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การเรียนรู้ของแต่ละบุคคลจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

(1) สภาพการเรียนรู้ (Condition of Learning) เป็นความพร้อมภายในตัวผู้เรียน (Internal Condition) ด้านความสามารถที่มีอยู่ก่อนเรียน (พฤติกรรมเบื้องต้น) และสภาพภายนอก (External Condition) ที่จัดให้แก่ผู้เรียน

(2) เหตุการณ์ในการเรียนรู้ (Events of Learning) หมายถึง กระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนรู้ เมื่อมีสิ่งเร้าจากสภาพแวดล้อมมากระตุ้นหน่วยรับประสาทสัมผัสจะรับสิ่งเร้าส่งไปทำการบันทึกความรู้สึก และจะได้รับการกลั่นกรองจากกระบวนการความตั้งใจและการเลือก การรับรู้เลือกเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ และจะส่งต่อไปยังหน่วยความจำระยะสั้นโดยอาศัยสื่อ (ภาพและเสียง) และบางส่วนถูกส่งไปยังหน่วยความจำระยะยาว และนำมาใช้งานได้ด้วยกระบวนการเสาะหาผลจากกระบวนการนี้ทำให้มีการปฏิบัติก็จะเกิดการเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนรู้จะขึ้นอยู่กับกระบวนการควบคุมและคาดหวัง กระบวนการควบคุมที่สำคัญ คือ ยุทธศาสตร์การคิด

ในการจัดการศึกษาและการเรียนการสอนในปัจจุบัน (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 66 - 67) ได้มีการนำหลักจิตวิทยาการเรียนรู้ตามทัศนะต่าง ๆ มาใช้ร่วมกันอย่างผสมผสานเพื่อก่อให้เกิดการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องนี้เทคโนโลยีการศึกษาได้มี

การประยุกต์ใช้จิตวิทยาการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การประยุกต์จิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้เทคโนโลยีการศึกษาและการสอน ทำให้ได้สถานการณ์ในการเรียนการสอนที่มั่นใจได้ว่าสามารถสนับสนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใน 4 ประการ คือ

1. ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมหรือลงมือปฏิบัติในการเรียนรู้
2. ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับในการเรียนอย่างฉับพลัน
3. ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงด้วยการให้ประสบการณ์แห่งความสำเร็จ
4. ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเป็นขั้นตอนทีละน้อย

การประยุกต์จิตวิทยาการเรียนรู้ในการเรียนการสอนและการจัดการศึกษา ทำให้เกิดสภาพการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพทั้ง 4 ประการ และถือว่าเป็นหลักการสำคัญของเทคโนโลยีการศึกษาแนวคิดดังกล่าวได้นำมาเป็นหลักการพื้นฐานในการผลิตสื่อเพื่อการเรียน การสอนแบบเอกัตบุคคล หรือการเรียนด้วยตนเองอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

พรเทพ เมืองแมน (2544 : 43) ได้กล่าวถึงจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่

1. การรับรู้ (Perception) การเรียนรู้ของมนุษย์จะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าปราศจากการรับรู้ การรับรู้จึงเป็นบันไดขั้นแรกที่จะนำไปสู่การเรียนรู้ ดังนั้นการเรียนรู้ที่ดีจะต้องเกิดจากการรับรู้ที่ถูกต้อง การรับรู้ที่ดีและถูกต้องของมนุษย์จะเกิดขึ้นได้โดยการได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าที่เหมาะสม เพราะมนุษย์เราจะเลือกรับรู้จากสิ่งเร้าที่ตรงกับความสนใจของตนเองมากกว่าสิ่งเร้าที่ไม่ตรงกับความสนใจในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้น ผู้ออกแบบต้องออกแบบสิ่งเร้า ที่เหมาะสมกับผู้เรียน โดยคำนึงถึงคุณลักษณะด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน ได้แก่ อายุ เพศ เป็นต้น

2. การจดจำ (Memory) การที่มนุษย์จะสามารถเรียนรู้สิ่งใดแล้วสามารถจดจำสิ่งนั้นได้และสามารถนำมาใช้ในภายหลังได้ดีนั้น ขึ้นอยู่กับว่าผู้เรียนสามารถเก็บความรู้ไว้อย่างเป็นระเบียบ โดยการจัดโครงสร้างขององค์ความรู้อย่างเป็นระเบียบ นอกจากนั้นการที่ผู้เรียนได้ฝึกหรือทำซ้ำมาก ๆ ก็จะช่วยผู้เรียนให้เกิดทักษะความชำนาญและจดจำได้ดีอีกด้วย ดังนั้น เทคนิคที่สำคัญของการเรียนรู้ ที่ดีที่จะช่วยผู้เรียนให้จดจำความรู้ได้ดีจึงอาศัยหลักเกณฑ์ทั้ง 2 ประการ คือ

(2.1) การช่วยให้ผู้เรียนสามารถจัดระเบียบ (Organize) โครงสร้างขององค์ความรู้โดยการจัดโครงสร้างของเนื้อหาบทเรียนอย่างเป็นระเบียบและแสดงให้ผู้เรียนเห็นซึ่งสอดคล้อง กับทฤษฎีเกี่ยวกับแผนภูมิมโนทัศน์ (Concept Mapping) ในปัจจุบันนั่นเอง

(2.2) การให้ผู้เรียนฝึกและทำซ้ำมาก ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะความชำนาญและสามารถจดจำได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีเกี่ยวกับการฝึกและการทำซ้ำ (Law of Practice and Repetition) ดังนั้นจึงควรออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยมีแบบฝึกหัดหรือแบบฝึกปฏิบัติให้ผู้เรียนได้ฝึกเพื่อให้เกิดทักษะและจดจำได้ดี

3. การมีส่วนร่วม (Participation) และการมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของผู้เรียนในการเรียน การให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมและมีปฏิสัมพันธ์ได้แก่ การให้ผู้เรียนได้กระทำกิจกรรมหรือปฏิบัติในลักษณะต่าง ๆ รวมถึงมีการโต้ตอบกับบทเรียน จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่ดี โดยนอกจากจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อบทเรียนอย่างต่อเนื่อง อันเป็นลักษณะการเรียนอย่างกระตือรือร้น (Active Learning) แล้วยังทำให้เกิดความรู้และทักษะใหม่ ๆ ในตัวผู้เรียนด้วย ดังนั้นผู้ออกแบบบทเรียนจึงควรให้ออกแบบบทเรียนมีกิจกรรมและการโต้ตอบที่เหมาะสมกับเนื้อหาและทักษะที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับจากบทเรียน

4. แรงจูงใจ (Motivation) การสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสมจะช่วยให้เกิดแรงจูงใจที่ดี บทเรียนที่สามารถสร้างแรงจูงใจที่ดีจะทำให้ผู้เรียนอยากเรียนและเรียนด้วยความสุข สนุกสนาน ดังนั้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรให้ความสนใจและศึกษาเกี่ยวกับการสร้างแรงจูงใจที่ดี เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบบทเรียนให้สามารถสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสมกับผู้เรียนในลักษณะต่าง ๆ จากทฤษฎีสร้างแรงจูงใจของเลปเปอร์ (Lepper) ได้แบ่งแรงจูงใจเป็น 2 ลักษณะ คือ แรงจูงใจภายนอก และแรงจูงใจภายใน แรงจูงใจภายนอกเป็นแรงจูงใจที่เป็นภายนอกตัวผู้เรียน เช่น ค่าจ้างรางวัล หรือคำชมเชย เป็นต้น ซึ่งผลการวิจัยพบว่าแรงจูงใจภายในเป็นแรงจูงใจที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนอย่างสนุกสนาน และมีความสนใจต่อบทเรียนอย่างแท้จริง ในขณะที่แรงจูงใจภายนอกจะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนน้อยลง เนื่องจากเป้าหมายของการเรียนเป็นเพียงการได้เล่นเกมสนุก ๆ หรือได้รางวัลจากการเรียนเท่านั้นเอง

5. การถ่ายโอนการเรียนรู้ (Transfer of Learning) การถ่ายโอนการเรียนรู้เป็นการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง ซึ่งเป็นเป้าหมายสุดยอดของการเรียนรู้นั่นเอง บทเรียนที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ดีนั้นจะต้องเป็นบทเรียนที่มีความใกล้เคียงหรือเหมือนจริงกับสถานการณ์ในชีวิตจริงมากที่สุด

6. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individual Difference) นักจิตวิทยามีความเชื่อทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยเชื่อว่ามนุษย์แต่ละคนมีความแตกต่างทางด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความสนใจ ความถนัด ความสามารถ อารมณ์ สติปัญญา เป็นต้น ซึ่งทำให้การเรียนรู้นั้น ผู้เรียนแต่ละคนจะสามารถเรียนรู้ได้เร็วหรือช้าแตกต่างกัน นอกจากนั้นวิธีการเรียนรู้ของแต่ละคนก็แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงจำเป็นต้องออกแบบบทเรียนให้มีความยืดหยุ่นเพื่อที่จะตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนแต่ละคน ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ก็เป็นจุดเด่นหรือ ข้อได้เปรียบของสื่อประเภทคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนั้นผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอาจนำเอาหลักการจิตวิทยาการเรียนรู้ มาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับบทเรียน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ สื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับผู้เรียนและตรงตามความสนใจของผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้น

ในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงทฤษฎี การเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของการจูงใจ การถ่ายโอนการเรียนรู้ และความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งผู้วิจัยได้นำหลักการ ของเรื่องดังกล่าวมาใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยเนื้อหา ความหลากหลายและสีสันของสื่อ ช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน และการเชื่อมโยงเนื้อหาจากง่ายไปยาก ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ง่าย นอกจากนี้ ความหลากหลายของกิจกรรมที่ให้โอกาสมีส่วนร่วมในการเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความต้องการของแต่ละบุคคล

2.3.2 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.3.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 227) ได้กล่าวถึงความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยสรุปว่า เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นสื่อในการสอน ทำให้มีการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่นเดียวกับการเรียนการสอนระหว่างครูและผู้เรียนในห้องปกติ

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541 : 7) กล่าวว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่งซึ่งใช้ความสามารถของคอมพิวเตอร์ในการนำเสนอสื่อประสมอันได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วีดิทัศน์ และเสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียนหรือองค์ความรู้ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงในห้องมากที่สุด

ธีระ ดิษยรัตน์ (2546 : 5) บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย หมายถึง การนำเสนอข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ตัวอักษร ภาพ (ภาพนิ่ง, ภาพเคลื่อนไหว) และเสียง (เสียงดนตรี, เสียงบรรยาย) ผ่านคอมพิวเตอร์ไปสู่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล (2546 : 7) ได้กล่าวถึง บทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่าบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) หรือ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการสอนนั้นเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อว่า CAI หรือ Computer Assisted Instruction ซึ่งพอจะให้ความหมายได้คือ “การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยนำเนื้อหาวิชาและลำดับขั้นการสอนมาเก็บบันทึกไว้เป็นโปรแกรม โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่จะเรียกใช้โปรแกรมเหล่านั้นมาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน” ปัจจุบันบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) ได้มีบทบาทต่อการเรียนการสอนในระดับมัธยมค่อนข้างจะมาก ทั้งนี้เพื่อที่จะสร้างความคุ้นเคยให้กับนักเรียน พร้อมกับการรับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่จะมีขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้

พูลศรี เวศย์อุฬาร (2547 : 69) ให้ความหมาย Computer Aided Education (CAE) หรือ Computer Assisted Instruction (CAI) เป็นคำที่มีความหมายใกล้เคียงกับ มัลติมีเดียเพื่อการศึกษาซึ่ง หมายถึง การใช้สื่อผสมในรูปแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว เสียง ตัวอักษร และมีการปฏิสัมพันธ์ โดยบันทึกอยู่ใน ซีดี - รอม หรือเว็บไซต์ในอินเทอร์เน็ต เพื่อเสริมสร้างความรู้ พร้อมทั้งให้ความบันเทิงกับผู้เรียน

สรุป จากความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย คือบทเรียนสำเร็จรูปในลักษณะที่เรียกว่า “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction)” มีลักษณะที่สำคัญ คือ เป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นในลักษณะซอฟต์แวร์สำเร็จรูป (Package Software) นำไปสอน โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนบทเรียนหรือนำเสนอบทเรียน ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองได้ตามระดับความสามารถของตนเอง ในบทเรียนมีแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน จุดเด่นที่สำคัญของบทเรียน คือ การนำเสนอเนื้อหาในลักษณะหลายสื่อ (Multimedia) ได้แก่ ประเภทข้อความ (Text) รูปภาพ (Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพวิดีโอ (Video) เสียง (Audio) โดยที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้ปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับบทเรียนโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ตลอดเวลา

2.3.2.2 คุณลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2541 : 7-10) ได้กล่าวถึงคุณลักษณะสำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-assisted Instruction : CAI) ซึ่งเป็นมัลติมีเดียเพื่อ

การเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากในอดีตและยังคงมีการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาถึงปัจจุบัน คุณลักษณะดังกล่าวถือเป็นหลักการพื้นฐานที่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์เบื้องต้นที่จะพิจารณาว่าสื่อใดเป็นหรือไม่เป็นมัลติมีเดียเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประการ ได้แก่

(1) Information (สารสนเทศ) หมายถึง เนื้อหาสาระ (content) ที่ได้รับการเรียบเรียงแล้วเป็นอย่างดี ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือได้รับทักษะอย่างหนึ่งอย่างใดที่ผู้สร้างได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้ โดยอาจจะนำเสนอเนื้อหาในลักษณะทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้

(2) Individualization (ความแตกต่างระหว่างบุคคล) การตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลทั้งจากบุคลิกภาพ สติปัญญา ความสนใจ พื้นฐานความรู้ คือลักษณะสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้เรียนจะมีอิสระในการควบคุมการเรียนของตนเอง รวมทั้งการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมกับตนเองได้ เช่น สามารถควบคุมเนื้อหา ควบคุมลำดับของการเรียน ควบคุมการฝึกปฏิบัติ หรือการทดสอบ เป็นต้น

(3) Interaction (การมีปฏิสัมพันธ์) เนื่องจากผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หากได้มีการโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์กับผู้สอน ดังนั้นสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษาที่ออกแบบมาเป็นอย่างดีจะเอื้ออำนวยให้เกิดการโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างต่อเนื่องและตลอดทั้งบทเรียนการอนุญาตให้ผู้เรียนเพียงแต่คลิกเปลี่ยนหน้าจอไปเรื่อย ๆ ทีละหน้า ไม่ถือว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ที่เพียงพอสำหรับการเรียนรู้ แต่ต้องมีการให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในส่วนของการคิดวิเคราะห์และสร้างสรรค์เพื่อให้ได้มาซึ่งกิจกรรมการเรียนนั้น ๆ

(4) Immediate Feedback (ผลป้อนกลับโดยทันที) การให้ผลป้อนกลับนี้เป็นสิ่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแตกต่างไปจากมัลติมีเดีย - ซีดีรอมส่วนใหญ่ ซึ่งได้มีการนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องราวของสิ่งต่าง ๆ แต่ไม่ได้มีการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบของการทดสอบ แบบฝึกหัด หรือการตรวจสอบความเข้าใจในรูปแบบใด

2.3.2.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนปัจจุบันมีรูปแบบ และการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว แต่พอจะแยกประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้ (พูลศรี เวศย์อุฬาร. 2547 : 69)

(1) แบบการสอน (Instruction) เพื่อใช้สอนความรู้ใหม่แทนครู ซึ่งจะเป็นการพัฒนาแบบ Self - Study Package เป็นรูปแบบของการศึกษาด้วยตนเอง จะเป็นชุดการสอนที่

จะต้องใช้ความระมัดระวัง และทักษะในการพัฒนาที่สูงมาก เพราะจะยากเป็นทวีคูณกว่าการพัฒนาชุดการสอนแบบโมดูลหรือแบบโปรแกรมที่เป็นตำรา ซึ่งคาดว่าจะมีบทบาทมากในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะ IMMCAI : Interaction Multi Media CAI บน Internet

(2) แบบสอนซ่อมเสริมหรือทบทวน (Tutorial) เป็นบทเรียนเพื่อทบทวนการเรียนจากห้องเรียนหรือจากผู้สอนโดยวิธีใด ๆ จากทางไกล หรือทางใกล้ก็ตาม การเรียนมักจะไม่ใช่ความรู้ใหม่ หากแต่จะเป็นความรู้ที่เคยได้รับมาแล้วในรูปแบบอื่น ๆ แล้วใช้บทเรียนซ่อมเสริมเพื่อตอกย้ำ ความเข้าใจที่ถูกต้องและสมบูรณ์ดีขึ้น สามารถใช้ทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ดังนั้น CAI ประเภทนี้ จึงไม่สามารถนำมาสอนแทนครูได้ทั้งหมด เพียงแต่นำมาใช้สอนเสริม หรือใช้ทบทวนในรายวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนมาแล้วในชั้นเรียนปกติ

(3) แบบฝึกหัดและฝึกปฏิบัติ (Drill and Practice) เพื่อใช้เสริมการปฏิบัติหรือเสริมทักษะ กระทำบางอย่างให้เข้าใจยิ่งขึ้นและเกิดทักษะที่ต้องการได้ เป็นการเสริมประสิทธิผลการเรียนของผู้เรียน สามารถใช้ในห้องเรียน เสริมขณะที่สอนหรือนอกห้องเรียน ณ ที่ใด เวลาใดก็ได้ สามารถใช้ฝึกหัด ทั้งทางด้านทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ รวมทั้งทางช่างอุตสาหกรรมด้วย

(4) แบบสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) เพื่อใช้สำหรับการเรียนรู้หรือทดลองจากสถานการณ์ที่จำลองจากสถานการณ์จริง ซึ่งอาจจะหาไม่ได้หรืออยู่ไกล ไม่สามารถนำเข้ามาในห้องเรียนได้ หรือมีสภาพอันตราย หรืออาจสิ้นเปลืองมากที่ต้องใช้ของจริงซ้ำ ๆ สามารถใช้สาธิตประกอบการสอน ใช้เสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ซ่อมเสริมภายหลังการเรียนนอกห้องเรียน ที่ใด เวลาใด ก็ได้

(5) แบบสร้างเป็นเกม (Game) การเรียนรู้บางเรื่อง บางระดับ บางครั้ง การพัฒนาเป็นลักษณะเกม สามารถเสริมการเรียนรู้ได้ดีกว่า การใช้เกมเพื่อการเรียน สามารถใช้สำหรับการเรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเสริมการเรียนในห้องเรียนก็ได้ รวมทั้งสามารถสอนทดแทนครูในบางเรื่องได้ด้วยจะเป็นการเรียนรู้จากความเพลิดเพลิน เหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีระยะเวลาความสนใจสั้น เช่น เด็กหรือในภาวะสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวย

(6) แบบการแก้ปัญหา (Problem Solving) เป็นการฝึกการคิด การตัดสินใจ สามารถใช้กับวิชาการต่าง ๆ ที่ต้องการให้สามารถคิด แก้ปัญหา ใช้เพื่อเสริมการสอนในห้องเรียน หรือใช้ในการฝึกทั่ว ๆ ไป นอกห้องเรียนก็ได้ เป็นสื่อสำหรับการฝึกผู้บริหารได้ดี

(7) แบบทดสอบ (Test) เพื่อใช้สำหรับตรวจวัดความสามารถของผู้เรียน สามารถใช้ประกอบการสอนในห้องเรียน หรือใช้ตามความต้องการของครู หรือของผู้เรียนเอง รวมทั้งสามารถใช้นอกห้องเรียน เพื่อตรวจวัดความสามารถของตนเองได้ด้วย

(8) แบบสร้างสถานการณ์เพื่อให้ค้นพบ (Discovery) เป็นการจัดทำเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ จากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูก หรือเป็นการจัดระบบนำล่องเพื่อชี้นำสู่การเรียนรู้ สามารถใช้เรียนรู้ความรู้ใหม่หรือเป็นการทบทวนความรู้เดิมและใช้ ประกอบการสอนในห้องเรียนหรือการเรียนนอกห้องเรียน สถานที่ใด เวลาใด ก็ได้

2.3.2.4 แนวคิดเกี่ยวกับหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถึงแม้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีความเหมาะสมหลายประการในการนำไปใช้ในการเรียนการสอน แต่อย่างไรก็ตามก็เป็นเพียงสื่อการสอนชนิดหนึ่งเท่านั้น ผู้สอนควรคำนึงถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอาจจะไม่สามารถแก้ไขปัญหาการเรียนการสอนได้ทั้งหมดทุกปัญหา และที่สำคัญผู้สอนจะมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (พรเทพ เมืองแมน. 2544 : 23) ได้กล่าวถึงทฤษฎีทางจิตวิทยาการเรียนรู้ ที่มีอิทธิพลต่อแนวคิดการออกแบบโปรแกรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่

(1) ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม (Behaviorism)

นักจิตวิทยาในกลุ่มที่มีความเชื่อในทฤษฎีพฤติกรรมนิยมที่มีชื่อเสียงมาก ได้แก่ สกินเนอร์ (B.F.Skinner) โดยนักจิตวิทยาในกลุ่มนี้มีความเชื่อที่ว่า การเรียนรู้ของมนุษย์เป็นสิ่งที่สามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมภายนอก และเชื่อในทฤษฎีการวางเงื่อนไข (Operant Conditioning) โดยมีแนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งเร้าและการตอบสนองและการให้การเสริมแรง (Reinforcement) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าการเรียนรู้เกิดจากมนุษย์ตอบสนองต่อสิ่งเร้าและพฤติกรรมการตอบสนองจะเข้มข้นขึ้น หากได้รับการเสริมแรงที่เหมาะสมสกินเนอร์ได้สร้างเครื่องช่วยสอน (Teaching Machine) ขึ้น และต่อมาได้พัฒนาเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม โดยที่บทเรียนแบบโปรแกรมของสกินเนอร์จะเป็นบทเรียนในลักษณะเชิงเส้นตรง (Linear) ซึ่งเป็นบทเรียนที่ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการเสนอเนื้อหาเรียงตามลำดับตั้งแต่ต้นจนจบเหมือนกัน นอกจากนั้นจะมีคำถามในระหว่างการเรียนเนื้อหาแต่ละตอนอย่างสม่ำเสมอให้ผู้เรียนตอบ และเมื่อผู้เรียนตอบแล้วก็จะมี คำเฉลยพร้อมมีการเสริมแรง โดยอาจจะเป็นการเสริมแรงทางบวก เช่น คำชมเชยหรือเสริมแรงทางลบ เช่น ให้กลับไปศึกษาบทเรียนอีกครั้ง หรืออธิบายเพิ่มเติมเป็นต้น

(2) ทฤษฎีปัญญานิยม (Cognitivism)

ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทฤษฎีปัญญานิยมนี้มีแนวคิดที่แตกต่างจากทฤษฎีพฤติกรรมนิยม โดยทฤษฎีนี้จะเน้นในเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล เชื่อว่ามนุษย์มีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของความรู้สึก นึกคิด อารมณ์ ความสนใจ ความถนัด ดังนั้น ในการเรียนรู้ ก็จะมีกระบวนการหรือขั้นตอนที่แตกต่างกัน นักจิตวิทยาที่มีชื่อเสียงในกลุ่มนี้ ได้แก่ คราวเดอร์ (Croweder) โดยคราวเดอร์ได้ออกแบบบทเรียนควบคุมบทเรียนของตนเองมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีอิสระของการเลือกลำดับ ในการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนที่มีความเหมาะสมกับตนเองเรียนแต่ละคนไม่จำเป็นต้องเรียนตามลำดับเหมือนกัน เนื้อหาของบทเรียนจะได้รับการนำเสนอ โดยขึ้นอยู่กับความสนใจความถนัด และความสามารถของผู้เรียนเป็นสำคัญ

(3) ทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema Theory)

ทฤษฎีโครงสร้างความรู้เป็นทฤษฎีที่อยู่ภายใต้ทฤษฎีปัญญานิยม เพียงแต่ทฤษฎีโครงสร้างความรู้จะเน้นในเรื่องของโครงสร้างความรู้ โดยเชื่อว่าโครงสร้างภายในของความรู้ของมนุษย์นั้นมีลักษณะที่เชื่อมโยงกันเป็นกลุ่มหรือโหนด (Node) การที่มนุษย์จะเรียนรู้อะไรใหม่ ๆ นั้นจะเป็นการนำความรู้ใหม่ ๆ นั้นไปเชื่อมโยงกับกลุ่มความรู้ที่มีอยู่เดิม นอกจากนั้นทฤษฎีนี้ ยังมีความเชื่อเกี่ยวกับความสำคัญของการเรียนรู้โดยเชื่อว่าการรับรู้เป็นสิ่งสำคัญของการเรียนรู้ไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นโดยปราศจากการรับรู้ จากการกระตุ้นจากเหตุการณ์หนึ่ง ๆ ทำให้เกิดการับรู้และการรับรู้จะเป็นการสร้างความหมายโดยการถ่ายโอนความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม นอกจากนั้น โครงสร้างความรู้จะช่วยในการระลึก (Recall) ถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เราเคยเรียนรู้มาอีกด้วย แนวคิดทฤษฎีโครงสร้างความรู้นี้ ส่งผลให้การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะของการนำเสนอเนื้อหาที่มีลักษณะการเชื่อมโยงกันไปมาคล้ายใยแมงมุม (Webs) หรือ บทเรียนในลักษณะที่เรียกว่า บทเรียนสื่อหลายมิติ (Hypermedia) โดยมีการวิจัยหลายชิ้นสนับสนุนว่าการจัดระเบียบโครงสร้างการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนในลักษณะสื่อหลายมิติ จะตอบสนองวิธีการเรียนรู้ของมนุษย์ ในความพยายามที่จะเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมได้เป็นอย่างดี (ถนอมพร ตันพิพัฒน์. 2541 : 55)

กาเย่ (อ้างถึงใน รุ่งโรจน์ แก้วอุไร, 2550 : ออนไลน์) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 9 ประการ เพื่อให้ได้บทเรียนที่เกิดจากการออกแบบในลักษณะการเรียนการสอนจริง โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ ดังนี้

(3.1) เร่งเร้าความสนใจ (Gain Attention)

ก่อนที่จะเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีการจูงใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มด้วยการใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือ ใช้สื่อประกอบกันหลาย ๆ อย่าง โดยสื่อที่สร้างขึ้นมานั้นต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อความสนใจของผู้เรียน นอกจากเร่งเร้าความสนใจแล้วยังเป็นการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปในตัวอีกด้วย ตามลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การเร่งเร้าความสนใจในขั้นตอนแรกนี้ก็คือ การนำเสนอบทนำเรื่อง (Title) ของบทเรียนนั่นเอง ซึ่งหลักสำคัญประการหนึ่งของการออกแบบในส่วนนี้คือ ควรให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ โดยไม่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือส่วนอื่น ๆ แต่ถ้าบทนำเรื่องดังกล่าวต้องการตอบสนองจากผู้เรียน โดยการปฏิสัมพันธ์ผ่านทางอุปกรณ์ป้อนข้อมูล ก็ควรเป็นการตอบสนองที่ง่าย ๆ เช่น กดแป้น Spacebar คลิกเมาส์ หรือกดแป้นพิมพ์ตัวใดตัวหนึ่งเป็นต้น

สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อเร่งเร้าความสนใจของผู้เรียน ควรเลือกใช้ภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เพื่อเร่งเร้าความสนใจในส่วนของบทนำเรื่อง โดยมีข้อพิจารณา ดังนี้

(3.1.1) ใช้ภาพกราฟิกที่มีขนาดใหญ่ชัดเจน ง่าย และไม่ซับซ้อน

(3.1.2) ใช้เทคนิคการนำเสนอที่ปรากฏภาพได้เร็ว เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเบื่อ

(3.1.3) ควรให้ภาพปรากฏบนจอภาพระยะหนึ่ง จนกระทั่งผู้เรียนกดแป้นพิมพ์ใด ๆ จึงเปลี่ยนไปสู่เฟรมอื่น ๆ เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับผู้เรียน

(3.1.4) เลือกใช้ภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ระดับความรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือใช้เทคนิคการนำเสนอภาพผลพิเศษเข้าช่วย เพื่อแสดง การเคลื่อนไหวของภาพ แต่ควรใช้เวลาสั้น ๆ และง่าย เลือกใช้สีที่ตัดกับฉากหลังอย่างชัดเจน โดยเฉพาะ สีเข้ม เลือกใช้เสียง ที่สอดคล้องกับภาพกราฟิกและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน ควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วยในส่วนของบทนำเรื่อง

(3.2) บอกวัตถุประสงค์ (Specify Objectives)

วัตถุประสงค์ของบทเรียน นับว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียน นอกจากผู้เรียนจะทราบถึงพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของตนเองหลังจบบทเรียนแล้ว จะยังเป็นการแจ้งให้ทราบล่วงหน้าถึง

ประเด็นสำคัญของเนื้อหา รวมทั้งเค้าโครงของเนื้อหาอีกด้วย การที่ผู้เรียนทราบถึงขอบเขตของเนื้อหาอย่างคร่าว ๆ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวความคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาในส่วนใหญ่ได้ ซึ่งมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากจะมีผลดังกล่าวแล้ว ผลการวิจัยยังพบด้วยว่า ผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนก่อนเรียนบทเรียนจะสามารถจำ และเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์บทเรียนจำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกวัตถุประสงค์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมักกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื่องจากเป็นวัตถุประสงค์ที่ชี้เฉพาะ สามารถวัดได้ และสังเกตได้ ซึ่งง่ายต่อการตรวจวัดผู้เรียนในขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ทั่วไป ก็มีความจำเป็นที่จะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงเค้าโครงเนื้อหาแนวกว้าง ๆ เช่นกัน สิ่งที่ต้องพิจารณาในการบอกวัตถุประสงค์บทเรียน มีดังนี้

(3.2.1) บอกวัตถุประสงค์โดยเลือกใช้ประโยคสั้น ๆ แต่ได้ใจความ อ่านแล้วเข้าใจ ไม่ต้องแปลความอีกครั้ง

(3.2.2) หลีกเลี่ยงการใช้คำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และเป็นที่เข้าใจของผู้เรียนโดยทั่วไป

(3.2.3) ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไปในเนื้อหาแต่ละส่วน ๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสน หากมีเนื้อหามาก ควรแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวเรื่องย่อย ๆ

(3.2.4) ควรบอกการนำไปใช้งานให้ผู้เรียนทราบด้วยว่าหลังจากจบบทเรียนแล้วจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำอะไรได้บ้าง

(3.2.5) ถ้าบทเรียนนั้นประกอบด้วยบทเรียนย่อยหลายหัวเรื่อง ควรบอกทั้งวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยบอกวัตถุประสงค์ทั่วไปในบทเรียนหลัก และตามด้วยรายการให้เลือก

(3.2.6) หลังจากนั้นจึงบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละบทเรียนย่อย ๆ อาจนำเสนอวัตถุประสงค์ให้ปรากฏบนจอภาพทีละข้อ ๆ ก็ได้ แต่ควรคำนึงถึงเวลาการนำเสนอให้เหมาะสม หรืออาจให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์เพื่อศึกษาวัตถุประสงค์ต่อไปทีละข้อก็ได้

(3.2.7) เพื่อให้การนำเสนอวัตถุประสงค์น่าสนใจยิ่งขึ้น อาจใช้กราฟิกง่าย ๆ เข้าช่วย เช่น ตีกรอบ ใช้ลูกศร และใช้รูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่ควรใช้การเคลื่อนไหวเข้าช่วย โดยเฉพาะกับตัวหนังสือ

(3.3) ทบทวนความรู้เดิม (Activate Prior Knowledge)

การทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่แก่ผู้เรียน มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการประเมิน ความรู้ที่จำเป็นสำหรับบทเรียนใหม่ เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้ วิธีปฏิบัติโดยทั่วไปสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ การทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ของผู้เรียน เพื่อทบทวนเนื้อหาเดิมที่เคยศึกษาผ่านมาแล้ว และเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับเนื้อหาใหม่ นอกจากจะเป็นการตรวจวัดความรู้พื้นฐานแล้ว บทเรียนบางเรื่องอาจใช้ผลจากการทดสอบก่อนบทเรียนมาเป็นเกณฑ์จัดระดับความสามารถของผู้เรียน เพื่อจัดบทเรียนให้ตอบสนองต่อระดับความสามารถของผู้เรียน เพื่อจัดบทเรียนให้ตอบสนองต่อระดับความสามารถ ที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคน แต่อย่างไรก็ตาม ในขั้นการทบทวนความรู้เดิมนี้ ไม่จำเป็นต้องเป็นการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเป็นชุดบทเรียนที่เรียนต่อเนื่องกันไปตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิม อาจอยู่ในรูปแบบของการกระตุ้น ให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ก็ได้ การกระตุ้นดังกล่าวอาจแสดงด้วยคำพูด คำเขียน ภาพ หรือผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม ปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหา ตัวอย่างเช่น การนำเสนอเนื้อหาเรื่องการต่อตัวต้านทานแบบผสม ถ้าผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจวิธีการหาความต้านทานรวม กรณีนี้ควรจะมีวิธีการวัดความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนว่ามีความเข้าใจเพียงพอที่จะคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในแบบผสมหรือไม่ ซึ่งจำเป็นต้องมีการทดสอบก่อน ถ้าพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจวิธีการคำนวณบทเรียนต้องชี้แนะให้ผู้เรียนกลับไปศึกษาเรื่องการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานก่อน หรืออาจนำเสนอบทเรียนย่อยเพิ่มเติมเรื่องดังกล่าว เพื่อเป็นการทบทวนก่อนก็ได้ สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการทบทวนความรู้เดิม มีดังนี้

(3.3.1) ควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานหรือนำเสนอเนื้อหาเดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนในการเข้าสู่เนื้อหาใหม่ โดยไม่ต้องคาดเดาว่าผู้เรียนมีพื้นความรู้เท่ากัน

(3.3.2) แบบทดสอบต้องมีคุณภาพ สามารถแปลผลได้ โดยวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นกับการศึกษาเนื้อหาใหม่เท่านั้น มิใช่แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่อย่างใด

(3.3.3) การทบทวนเนื้อหาหรือการทดสอบควรใช้เวลาสั้น ๆ กระชับ และตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนมากที่สุด

(3.3.4) ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่หรือออกจากการทดสอบ เพื่อไปศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลา

(3.3.5) ถ้าบทเรียนไม่มีการทดสอบความรู้พื้นฐานเดิม บทเรียนต้องนำเสนอวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาผ่านมาแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว โดยอาจใช้ภาพประกอบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด จะทำให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

(3.4) นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present New Information)

หลักสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก็คือ ควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ประกอบกับคำอธิบายสั้น ๆ ง่าย ๆ แต่ได้ใจความ การใช้ภาพประกอบ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจำได้ดีกว่าการใช้คำอธิบายเพียงอย่างเดียว โดยหลักการที่ว่า ภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ แม้ในเนื้อหาบางช่วงจะมีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรพิจารณาวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำเสนอด้วยภาพให้ได้ แม้จะมีจำนวนน้อย แต่ก็ยังดีกว่าคำอธิบายเพียงคำเดียว ภาพที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำแนกออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ภาพนิ่ง ได้แก่ ภาพลายเส้น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ ภาพถ่ายของจริง แผนภาพ แผนภูมิ และกราฟ อีกส่วนหนึ่งได้แก่ ภาพเคลื่อนไหว เช่น ภาพวีดิทัศน์ ภาพจากแหล่งสัญญาณดิจิตอลต่าง ๆ เช่น จากเครื่องเล่นภาพโฟโต้ซีดี เครื่องเล่นเลเซอร์ดิสก์ กล้องถ่ายภาพวีดิทัศน์ และภาพจากโปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ภาพประกอบเนื้อหาอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร หากภาพเหล่านั้นมีรายละเอียดมากเกินไป ใช้เวลามากไปในการปรากฏบนจอภาพ ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ซับซ้อนเข้าใจยาก และไม่เหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบ เช่น ขาดความสมดุล องค์ประกอบภาพไม่ดี เป็นต้น ดังนั้น การเลือกภาพที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรพิจารณาในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

(3.4.1) เลือกใช้ภาพประกอบการนำเสนอเนื้อหาให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญ ๆ

(3.4.2) เลือกใช้ภาพเคลื่อนไหว สำหรับเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับขั้น หรือเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

(3.4.3) ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ แทนข้อความคำอธิบาย

(3.4.4) การเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ให้เน้นในส่วนของข้อความสำคัญ ซึ่งอาจใช้การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น สังเกตที่ด้านขวาของภาพ เป็นต้น

(3.4.5) ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

(3.4.6) จัดรูปแบบของคำอธิบายให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาวควรจัดแบ่งกลุ่มคำอธิบายให้จบเป็นตอน ๆ คำอธิบายที่ใช้ในตัวอย่าง ควรกระชับและเข้าใจได้ง่าย หากเครื่องคอมพิวเตอร์แสดงกราฟิกได้ช้า ควรเสนอเฉพาะกราฟิกที่จำเป็นเท่านั้น

(3.4.7) ไม่ควรใช้สีพื้นสลับไปสลับมาในแต่ละเฟรมเนื้อหา และไม่ควรเปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

(3.4.8) คำที่ใช้ควรเป็นคำที่ผู้เรียนระดับนั้น ๆ คุ้นเคย และเข้าใจความหมายตรงกัน

(3.4.9) ขณะนำเสนอเนื้อหาใหม่ ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่นบ้าง แทนที่จะให้กด แป้นพิมพ์ หรือคลิกเมาส์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น การปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน โดยวิธีการพิมพ์ หรือตอบคำถาม

(3.5) ชี้แนะแนวทางการเรียนรู้ (Guide Learning)

ตามหลักการและเงื่อนไขการเรียนรู้ (Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดี หากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน บางทฤษฎีกล่าวไว้ว่า การเรียนรู้ที่กระจ่างชัด (Meaningful Learning) นั้นทางเดียวที่จะเกิดขึ้นได้ ก็คือการที่ผู้เรียนวิเคราะห์และตีความในเนื้อหาใหม่ลงบนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมรวมกันเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ดังนั้นหน้าที่ของผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ก็คือ พยายามค้นหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่ นอกจากนั้น ยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจ่างชัดเท่าที่จะทำได้ เป็นต้นว่า การใช้เทคนิคต่าง ๆ เข้าช่วย ได้แก่ เทคนิคการให้ตัวอย่าง (Example) และตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง (Non - example) อาจจะช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะความแตกต่างและเข้าใจมโนคติของเนื้อหาต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น

เนื้อหาบางหัวเรื่องผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย อาจใช้วิธีการค้นพบ (Guided Discovery) ซึ่งหมายถึง การพยายามให้ผู้เรียนคิด

หาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง โดยบทเรียนจะค่อย ๆ ชี้แนะจากจุดกว้าง ๆ และแคบลง ๆ จนผู้เรียนหาคำตอบได้เอง นอกจากนั้นการใช้คำอธิบายกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ก็เป็นเทคนิคอีกประการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการชี้แนวทางการเรียนรู้ได้ สรุปแล้วในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องยึดหลักการจัดการเรียนรู้จากสิ่งที่มีประสบการณ์เดิมไปสู่เนื้อหาใหม่ จากสิ่งที่ยากไปสู่สิ่งที่ง่ายกว่าตามลำดับขั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาในการชี้แนะแนวทางการเรียนในขั้นนี้ มีดังนี้

(3.5.1) บทเรียนควรแสดงให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาความรู้ และช่วยให้เห็นว่าสิ่งย่อยนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งใหญ่อย่างไร

(3.5.2) ควรแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งใหม่กับสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว

(3.5.3) นำเสนอตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยอธิบายความคิดรวบยอดใหม่ให้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวอย่างการเปิดหน้ากล้องหลาย ๆ ค่า เพื่อให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของรูรับแสง เป็นต้น

(3.5.4) นำเสนอตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น นำเสนอภาพไม้ พลาสติก และยาง แล้วบอกว่าภาพเหล่านี้ไม่ใช่โลหะ

(3.5.5) การนำเสนอเนื้อหาที่ยาก ควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมมากกว่านามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้นำเสนอตัวอย่างจากนามธรรมในรูปธรรม

(3.5.6) บทเรียนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา

(3.6) กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit Response)

นักการศึกษากล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหา และร่วมตอบคำถาม จะส่งผลให้มีความจำดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีอ่านหรือคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีข้อได้เปรียบกว่าโสตทัศนูปกรณ์อื่น ๆ เช่น วีดิทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทปเสียง เป็นต้น ซึ่งสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้จัดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ไม่ได้ (Non - interactive Media) แตกต่างจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น เลือกกิจกรรม และปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน กิจกรรมเหล่านี้เองที่ไม่ทำให้ผู้เรียนรู้สึก

เบื่อหน่าย เมื่อมีส่วนร่วม ก็มีส่วนคิดนำหรือติดตามบทเรียน ย่อมมีส่วนผูกประสานให้ความจำดีขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อให้การจำของผู้เรียนดีขึ้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมในบทเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อแนะนำดังนี้

(3.6.1) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตอบสนองต่อบทเรียนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งตลอดบทเรียน เช่น ตอบคำถาม ทำแบบทดสอบ ร่วมทดลองในสถานการณ์จำลองเป็นต้น

(3.6.2) ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการพิมพ์คำตอบหรือเติมข้อความสั้น ๆ เพื่อเรียกความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป

(3.6.3) ถามคำถามเป็นช่วง ๆ สลับกับการนำเสนอเนื้อหาตามความเหมาะสมของลักษณะเนื้อหา

(3.6.4) เร่งเร้าความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้ความเข้าใจมากกว่าการใช้ความจำ

(3.6.5) ไม่ควรถามครั้งเดียวหลาย ๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้าจำเป็นควรใช้คำตอบแบบตัวเลือก

(3.6.6) หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เมื่อผู้เรียนตอบผิดหรือทำผิด 2 - 3 ครั้ง ควรตรวจปรับเนื้อหาทันที และเปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่นต่อไป

(3.6.7) เฟรมตอบสนองของผู้เรียน เฟรมคำถาม และเฟรมการตรวจปรับเนื้อหาควรอยู่บนหน้าจอภาพเดียวกัน เพื่อสะดวกในการอ้างอิง กรณีนี้อาจใช้เฟรมย่อยซ้อนขึ้นมาในเฟรมหลักก็ได้

(3.6.8) ควรคำนึงถึงการตอบสนองที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดจากการเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 ควรเคาะเว้นวรรคประโยคยาว ๆ ข้อความเกินหรือขาดหายไป ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็ก เป็นต้น

(3.7) ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide Feedback)

ผลจากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นท้าทาย โดยการบอกเป้าหมายที่ชัดเจนและแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ที่ส่วนใด ห่างจากเป้าหมายเท่าใด

การให้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าว ถ้านำเสนอด้วยภาพจะช่วยเร่งเร้าความสนใจได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตาม การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยภาพ หรือกราฟิกอาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูผล ว่าหากทำผิด

แล้วจะเกิดอะไรขึ้น ตัวอย่างเช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกมการสอนแบบแขวนคอ สำหรับการสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ ผู้เรียนอาจตอบโดยการกดแป้นพิมพ์ไปเรื่อย ๆ โดยไม่สนใจเนื้อหา เนื่องจากต้องการดูผลจากการแขวนคอ วิธีหลีกเลี่ยงก็คือ เปลี่ยนการนำเสนอภาพเป็นทางบวก เช่น ภาพเล่นเรือเข้าหาฝั่ง ภาพขับยานสู่ดวงจันทร์ ภาพหนูเดินไปกินเนยแข็ง เป็นต้น ซึ่งจะไปถึงจุดหมายได้ด้วยการตอบถูกเท่านั้น หากตอบผิด จะไม่เกิดอะไรขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเป็นบทเรียนที่ใช้กับกลุ่มเป้าหมายระดับสูงหรือเนื้อหาที่มีความยาก การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยคำเขียนหรือกราฟจะเหมาะสมกว่า สิ่งที่ต้องพิจารณาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีดังนี้

(3.7.1) ให้ข้อมูลย้อนกลับทันที หลังจากผู้เรียนโต้ตอบกับบทเรียนควรบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือตอบผิด โดยแสดงคำถาม คำตอบและการตรวจปรับบนเฟรมเดียวกัน

(3.7.2) ถ้าให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการใช้ภาพ ควรเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ถ้าไม่สามารถหาภาพที่เกี่ยวข้องได้ อาจใช้ภาพกราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาก็ได้

(3.7.3) หลีกเลี่ยงการใช้ผลทางภาพ (Visual Effects) หรือการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ตื่นตาเกินไปในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด อาจใช้เสียงสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับ เช่น คำตอบถูกต้อง และคำตอบผิด โดยใช้เสียงที่แตกต่างกัน แต่ไม่ควรเลือกใช้เสียงที่ก่อให้เกิดลักษณะการเหยียดหยาม หรือ ดูแคลน

(3.7.4) ในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด เฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนตอบผิด 2 - 3 ครั้งไม่ควรปล่อยเวลาให้เสียไป อาจใช้วิธีการให้คะแนนหรือแสดงภาพ เพื่อบอกความใกล้ - ไกลจากเป้าหมายก็ได้ พยายามสุ่มการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อเรียกความสนใจตลอดบทเรียน

(3.8) ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess Performance)

การทดสอบความรู้ใหม่หลังจากศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรียกว่า การทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ของตนเอง นอกจากนี้จะยังเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อที่จะไปศึกษาในบทเรียนต่อไปหรือต้องกลับไปศึกษาเนื้อหาใหม่ การทดสอบหลังบทเรียนจึงมีความจำเป็นสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกประเภท

นอกจากจะเป็นการประเมินผลการเรียนรู้แล้ว การทดสอบยังมีผลต่อความคงทนในการจดจำเนื้อหาของผู้เรียนด้วย แบบทดสอบจึงควรถามแบบเรียงลำดับ

ตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายหัวเรื่องย่อย อาจแยกแบบทดสอบออกเป็นส่วน ๆ ตามเนื้อหาโดยมีแบบทดสอบรวมหลังบทเรียนอีกชุดหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบบทเรียนต้องการแบบใดสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบทดสอบหลังบทเรียน มีดังนี้

(3.8.1) ชี้แจงวิธีการตอบคำถามให้ผู้เรียนทราบก่อนอย่างแจ่มชัด รวมทั้งคะแนนรวม คะแนนรายข้อ และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เช่น เกณฑ์ในการตัดสินผลเวลาที่ใช้ในการตอบโดยประมาณ

(3.8.2) แบบทดสอบต้องวัดพฤติกรรมตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน และควรเรียงลำดับจากง่ายไปยาก

(3.8.3) ข้อคำถามคำตอบ และการตรวจปรับคำตอบ ควรอยู่บนเฟรมเดียวกัน และนำเสนออย่างต่อเนื่องด้วยความรวดเร็ว

(3.8.4) หลีกเลี่ยงแบบทดสอบแบบอัตนัยที่ให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาว ยกเว้นข้อสอบ ที่ต้องการทดสอบทักษะการพิมพ์

(3.8.5) ในแต่ละข้อ ควรมีคำถามเดียว เพื่อให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียว ยกเว้นในคำถามนั้นมีคำถามย่อยอยู่ด้วย ซึ่งควรแยกออกเป็นหลาย ๆ คำถาม

(3.8.6) แบบทดสอบควรเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพ มีค่าอำนาจจำแนกดี ความยากง่ายเหมาะสมและมีความเชื่อมั่นเหมาะสม

(3.8.7) อย่าตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบไม่ชัดแจ้ง เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษรแต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ ไม่ควรชี้ว่าคำตอบนั้นผิดและไม่ควรตัดสินคำตอบว่าผิด หากผิดพลาดหรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เป็นต้น

(3.8.8) แบบทดสอบชุดหนึ่งควรมีหลาย ๆ ประเภท ไม่ควรใช้เฉพาะข้อความเพียงอย่างเดียว ควรเลือกใช้ภาพประกอบบ้าง เพื่อเปลี่ยนบรรยากาศในการสอบ

(3.9) สรุปและนำไปใช้ (Review and Transfer)

การสรุปและนำไปใช้ จัดว่าเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนสุดท้ายที่บทเรียนจะต้องสรุปมโนคติของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญ ๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนความรู้ของตนเองหลังจากศึกษาเนื้อหาผ่านมาแล้ว ในขณะเดียวกัน บทเรียนต้องชี้แนะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือให้ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติม เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ศึกษาต่อในบทเรียนถัดไป หรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นต่อไป การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ มีข้อเสนอแนะดังนี้

(3.9.1) สรุปองค์ความรู้เฉพาะประเด็นสำคัญ ๆ พร้อมทั้งชี้แนะให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนผ่านมาแล้ว

(3.9.2) ทบทวนแนวคิดที่สำคัญของเนื้อหา เพื่อเป็นการสรุปเสนอแนะเนื้อหาความรู้ใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

(3.9.3) บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเนื้อหาต่อไป

สำหรับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ กาเย่ (อ้างถึงใน รุ่งโรจน์ แก้วอุไร, 2550 : ออนไลน์) มาใช้ในการออกแบบเนื้อหาและกิจกรรมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดังกล่าว

2.3.3 คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย เป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลและแสดงข้อความ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียงได้พร้อมกัน ในงานด้านการศึกษานั้น ระบบมัลติมิเดียช่วยให้การจัดทำโปรแกรมบทเรียนมีความน่าสนใจ เร้าใจผู้เรียน และผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามต้องการ โดยจะเรียนเร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานและความสามารถของผู้เรียนแต่ละบุคคล หรือผู้เรียนต้องการเรียนซ้ำไปซ้ำมากี่ครั้งก็ได้ ดังนั้น จึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนกันอย่างแพร่หลาย สำหรับโปรแกรมที่ใช้ในการผลิตงานมัลติมีเดียในปัจจุบัน มีดังนี้

2.3.3.1. โปรแกรมผลิตงานกราฟิกภาพนิ่ง ซึ่งจะช่วยเพิ่มสีสันของบทเรียนให้ดูน่าสนใจ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

(1) โปรแกรมสร้างภาพกราฟิก คือโปรแกรมที่มีคุณสมบัติในด้านการสร้างกราฟิก เช่น Corel Draw, Adobe Illustrator, Macromedia FreeHand เป็นต้น

(2) โปรแกรมตกแต่งภาพ คือ โปรแกรมที่มีคุณสมบัติในด้านการจัดการและตกแต่งภาพ เช่น Adobe Photoshop, PaintShop Pro เป็นต้น

2.3.3.2. โปรแกรมผลิตงานกราฟิกเคลื่อนไหว 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อจำลองให้เห็นรูปร่าง รูปทรง สาธิตให้เห็นขั้นตอน หรือวิธีการทำงาน หรือลูกเล่นอื่น ๆ เช่น Macromedia Flash, Animator สำหรับงาน 2 มิติ 3D Studio MAX สำหรับงาน 3 มิติ 3D Cool, Flying Font สำหรับงานสร้างตัวอักษรสามมิติ เป็นต้น

2.3.3.3. โปรแกรมผลิตงานวีดิทัศน์ ในการเสนอเนื้อหาบางอย่าง อาจต้องใช้ภาพวีดิทัศน์ เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องใช้ภาพเคลื่อนไหวในการนำเสนอ โปรแกรมที่ใช้ในการผลิตวีดิทัศน์ ได้แก่ โปรแกรมแปลงสัญญาณจากสัญญาณภาพเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับการ์ดแปลงสัญญาณ ส่วนใหญ่จะเป็นโปรแกรมที่ให้มากับการ์ดแปลงสัญญาณ และโปรแกรมตัดต่อ ตกแต่งภาพเคลื่อนไหว เช่น โปรแกรม Adobe Premiere, Adobe After Effect นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมแปลงไฟล์ เพื่อแปลงไฟล์วีดิโอที่มีขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลง เช่น Xing Mpeg Encoder

2.3.3.4. โปรแกรมผลิตงานด้านเสียง ใช้สำหรับผลิตงานเสียงที่ปรากฏในบทเรียน ประกอบด้วย โปรแกรมแปลงสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ได้แก่ Sound Recorder เป็นต้น และโปรแกรมตัดต่อ ตกแต่งเสียง ได้แก่ Sound Forge เป็นต้น

ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ผู้วิจัยนำตัวอักษร ภาพนิ่ง กราฟิก ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดิทัศน์ และเสียง มาใช้ประกอบเนื้อหาและกิจกรรม โดยทำให้ผู้ใช้งานสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนได้ในหลายรูปแบบ เช่น ปฏิสัมพันธ์ทางเมาส์ ปฏิสัมพันธ์ทางแป้นพิมพ์ หรือการสัมผัสหน้าจอ เป็นต้น ทำให้ง่ายต่อการการใช้งาน รวมทั้งสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมอื่น ๆ ได้

2.4 การวิจัยและพัฒนา การหาประสิทธิภาพ การหาผลสัมฤทธิ์ และการประเมินผลการเรียนรู้

2.4.1 ความหมายของการวิจัยและพัฒนา

บอร์กและคณะ (Borg, Gall และ Morish อ้างถึงใน ไพโรจน์ เบาใจ 2547: 45 - 50) ได้ให้ความหมายของการวิจัยและพัฒนาว่า การวิจัยและพัฒนา หมายถึง กระบวนการที่นำมาพัฒนาและตรวจสอบความถูกต้องของผลิตผลทางการศึกษา ซึ่งผลิตผลในที่นี้มิได้หมายถึงสิ่งที่อยู่ในหนังสือ ในภาพยนตร์ประกอบการสอน และในคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่ยังหมายถึงระเบียบวิธีการ เช่น ระเบียบวิธีการในการสอน หรือโปรแกรมการสอน เป็นต้น

การวิจัยและการพัฒนาทางการศึกษา แตกต่างจากการวิจัยทางการศึกษา 2 ประการ คือ

(1) เป้าหมาย (Goal) การวิจัยทางการศึกษามุ่งพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ทางการศึกษา เช่น การวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลการของวิธีสอน หรืออุปกรณ์

การสอน ผู้วิจัยอาจพัฒนาสื่อการสอนทางการศึกษาโดยทำการทดสอบสมมุติฐานของการวิจัยแต่ละครั้ง แต่มิได้หมายความว่าจะใช้ได้กับโรงเรียนอื่น

(2) การนำไปใช้ การวิจัยการศึกษามีช่องว่างระหว่างผลการวิจัยกับการนำไปใช้จริง คือ ผลการวิจัยทางการศึกษาส่วนมากอยู่ในตู้ไม่ได้นำมาใช้ นักการศึกษา และนักวิจัยจึงหาวิธีที่เรียกว่า “การวิจัยและพัฒนา” อย่างไรก็ตามการวิจัยและพัฒนาทางการศึกษามิใช่สิ่งทดแทนการวิจัยทางการศึกษา แต่เป็นวิธีที่จะเพิ่มศักยภาพทางการศึกษาให้มีผลต่อการจัดการทางการศึกษาที่ใช้ประโยชน์ได้จริงในโรงเรียนทั่วไป

ไพโรจน์ เบาใจ (2548 : 73 - 75) ได้กล่าวถึงการวิจัยและพัฒนาว่า การศึกษาเพื่อหาเครื่องมือที่จะนำมาแก้ไขปัญหา โดยมีการทดสอบภาคสนามเพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาดของเครื่องมือ จนได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ โดยมีขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา 11 ขั้น ดังนี้

(1) กำหนดผลิตภัณฑ์

บอกถึงลักษณะ รายละเอียดในการใช้งานและกำหนดวัตถุประสงค์ที่จะนำผลิตภัณฑ์นั้นไปใช้ให้ชัดเจน โดยคิดถึงความต้องการของผู้ใช้ มีการศึกษาหลักการ ทฤษฎีในการพัฒนาให้เพียงพอ ผู้พัฒนาต้องมีความรู้อย่างเพียงพอ และใช้เวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม่นานจนเกินไป

(2) การรวบรวมเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้พัฒนาต้องรวบรวมข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้มากพอ โดยเฉพาะงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในการพัฒนา เพราะจะช่วยประหยัดเวลาและพัฒนาไปถูกทิศทาง

(3) วางแผนการวิจัยและพัฒนา

วางแผนการทำงาน โดยกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน กำหนดค่าใช้จ่าย กำลังคนและระยะเวลาในการพัฒนา ระบุทักษะในการเรียน การอธิบายวัตถุประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้และผลที่ได้ของเครื่องมือ

(4) การพัฒนารูปแบบขั้นตอนของเครื่องมือ

ออกแบบงาน ให้ตอบสนองกับผู้ใช้ให้มากที่สุด เตรียมการเกี่ยวกับอุปกรณ์การสอนกระบวนการเรียนรู้ และวิธีการประเมินผลเมื่อออกแบบ และสร้างเครื่องมือเสร็จจะไปสู่ขั้นตอนการนำไปทดลองต่อไป

(5) การทดลองครั้งที่ 1

ทดสอบเครื่องมือในโรงเรียนกับนักเรียน เก็บข้อมูล โดยการสัมภาษณ์ การสังเกต และการสอบถาม แล้วทำการวิเคราะห์ผล

(6) ปรับปรุงเครื่องมือครั้งที่ 1 ปรับปรุงเครื่องมือโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อเสนอแนะไว้

(7) การทดลองครั้งที่ 2 นำเครื่องมือที่ปรับปรุงมาทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างใหม่ โดยเริ่มจากทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อให้ทราบความรู้พื้นฐาน หลังจากใช้เครื่องมือแล้วทดสอบอีกครั้ง (Post-test) เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อปรับปรุงเครื่องมือ

(8) ปรับปรุงเครื่องมือครั้งที่ 2 ปรับปรุงเครื่องมือโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อเสนอแนะไว้ เพื่อพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

(9) การทดลองครั้งที่ 3 นำเครื่องมือที่ได้ปรับปรุงครั้งที่ 2 แล้วทดลองเป็นครั้งสุดท้าย และเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ การสังเกต และการสอบถาม แล้วทำการวิเคราะห์ผลประเมินผลก่อนหลังการใช้เครื่องมือ

(10) ปรับปรุงเครื่องมือขั้นสุดท้าย ปรับปรุงเครื่องมือโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อเสนอแนะไว้ เพื่อพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพดีมากยิ่งขึ้น

(11) เผยแพร่ และการนำเสนอจากทฤษฎีดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นแนวปฏิบัติในการพัฒนาบทเรียน CAI ตาม 11 ขั้นตอนของ Borg, Gall และ Morish ก่อนนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอน

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ ไพโรจน์ เบาใจ (2548: 73 - 75) มาใช้เป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เพื่อแก้ปัญหาการเรียนการสอนที่ประสบอยู่ ไม่ว่าจะเป็นปัญหาผู้เรียนไม่เข้าใจบทเรียนสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนต่ำ และผู้เรียนไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้จริง

2.4.2 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

กรมวิชาการ (2545 ก : 6 - 70) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่ใช้การเรียนการสอนและการกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมไว้ ดังนี้

การหาประสิทธิภาพ ของนวัตกรรมที่ใช้ในการพัฒนาการเรียนรู้ เช่นชุดการสอน แบบฝึกแผนการสอน แบบเรียนสำเร็จรูป หรือกิจกรรมการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ผู้สอนพัฒนาขึ้น ควรมีความถูกต้องด้านเนื้อหา และครอบคลุมเนื้อหาตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรตลอดจนภาษา

ถ้อยคำรูปภาพ และขั้นตอนที่กำหนดขึ้นควรมีความเหมาะสมกับนักเรียนด้วยซึ่งผู้สอนสามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องมือได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ หรือใช้การวิเคราะห์คะแนน หรือจะใช้ทั้งสองวิธีก็ได้เช่นกัน

การหาประสิทธิภาพวิธีการหรือนวัตกรรมที่สำคัญ ดังนี้

(1) ตรวจสอบด้านเนื้อหาและรูปแบบของเครื่องมือ โดยผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ เช่น ผู้รายงานต้องการให้ผู้เรียนมีความรู้เรื่อง วัยทองและวัยสูงอายุ จึงสร้างเนื้อหาและแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใส่เข้าในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 คน ตรวจสอบ ถ้ามีความเห็นสอดคล้องกัน 2 หรือ 3 คน แสดงว่าเนื้อหาและรูปแบบมีความถูกต้องเที่ยงตรง และครอบคลุม

(2) หาเกณฑ์ประสิทธิภาพของนวัตกรรมการเรียนรู้หรือแบบเรียนสำเร็จรูปโดยการวิเคราะห์คะแนน ใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$E_1 = \left[\frac{\frac{\sum x}{N}}{A}\right] x100$$

E_1 แทน ค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนนักเรียนที่ได้จากการวัดระหว่างเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบวัด

N แทน จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \left[\frac{\frac{\sum y}{N}}{A}\right] x100$$

E_2 แทน ค่าคะแนนเฉลี่ยของจำนวนคำตอบที่ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้อง โดยคิดเฉลี่ยเป็นร้อยละ

$\sum y$ แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

การกำหนดเกณฑ์ที่ยอมรับว่านวัตกรรมการเรียนรู้หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพ คือ ด้านความรู้ความจำ E_1/E_2 มีค่า 80/80 ขึ้นไป ด้านทักษะปฏิบัติ E_1/E_2 มีค่า 70/70 ขึ้นไป โดยที่ค่า E_1/E_2 จะต้องไม่แตกต่างกันเกินกว่าร้อยละ 5

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2545 : 42 - 46) ได้กล่าวเสริมถึงการหาประสิทธิภาพ และการกำหนดเกณฑ์การหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา ซึ่งมีหมายความรวมถึงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีรายละเอียด ดังนี้

(1) เกณฑ์การหาประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพึงพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้ว ก็มีคุณค่าพอที่จะนำไปใช้ได้ และคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิต ออกมาการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์)

(1.1) พฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior หรือ E_1) คือ ประเมินผลต่อเนื่องประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรม เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่มและรายบุคคล ซึ่งได้แก่ งานที่มอบหมายและกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

(1.2) ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior หรือ E_2) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Products) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

การกำหนดประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการที่จะกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้น ผู้สอนจะเป็นผู้พิจารณาโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 80/80 เป็นต้น

เกณฑ์ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เช่น 80/80 มีความหมาย ดังนี้

80 ตัวแรก หมายความว่า เมื่อเรียนจากนวัตกรรมแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกหัดหรืองาน ได้ผลเฉลี่ย 80 % ร้อยละ 80

80 ตัวหลัง หมายความว่า ผู้เรียนทำการสอบหลังใช้นวัตกรรมได้ผลเฉลี่ย 80 % หรือ ร้อยละ 80

(2) ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของนวัตกรรมการศึกษา คือเมื่อผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนดังนี้

(2.1) ทดลองกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อนปานกลาง และเก่ง โดยทดลองกับเด็กอ่อนก่อน ทำการปรับปรุงแล้วทดลองกับเด็กปานกลางแล้วจึงนำไปทดลองกับเด็กเก่ง ในกรณีสถานการณ์ไม่อำนวยก็ให้ทดลองกับเด็กอ่อนหรือปานกลาง คำนวณ หาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จะต่ำกว่าเกณฑ์มากโดยจะได้ค่า E_1/E_2 ประมาณ 60/60

(2.2) ทดลองกับผู้เรียน 6 - 10 คน คละผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ซึ่งในครั้งนี้ คะแนนจะเพิ่มขึ้นเกือบเท่าเกณฑ์ หรือห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั้นคือค่า E_1/E_2 ประมาณ 70/70

(2.3) ทดลองกับผู้เรียน 40 - 100 คน (ภาคสนาม) คละผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ซึ่งในครั้งนี้ ผลที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้

(3) การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษา เมื่อทดลองบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแล้ว ให้เทียบค่า E_1/E_2 ที่หาได้จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับค่า E_1/E_2 ของเกณฑ์ เพื่อดูว่าเรายอมรับประสิทธิภาพหรือไม่ การยอมรับประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนหรือนวัตกรรมการศึกษานั้นมี 3 ระดับ คือ

(3.1) สูงกว่าเกณฑ์เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้มีค่าเกิน 2.5%

(3.2) เท่าเกณฑ์ เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมเท่ากับหรือสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

(3.3) ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ เมื่อประสิทธิภาพของนวัตกรรมต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ต่ำไม่เกิน 2.5%

สมบัติ การจนารักพงศ์ (2548 : 49 - 52) ได้กล่าวถึงการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนถึงการหาประสิทธิภาพนวัตกรรม ทำได้โดยนำนวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนในระดับชั้นที่ต้องการแก้ปัญหาจำนวน 3 ครั้ง ดังนี้

(1) ครั้งที่ 1 นำนวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นในครั้งแรกที่ผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดสอบหาประสิทธิภาพรายบุคคล โดยทดลองใช้กับนักเรียนจำนวน 1 - 3 คน พร้อมสอบถามความคิดเห็น ปัญหาในการใช้นวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ภาษา และความต้องการเพิ่มเติม นำผลการทดสอบมาปรับปรุง ในสิ่งต่อไปนี้ ผังงาน ภาษาที่ใช้ให้เข้าใจง่ายขึ้น ภาพ สีสัน ความสวยงาม เป็นต้น

(2) ครั้งที่ 2 นำนวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดสอบหาประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก โดยไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 5 - 7 คน แล้วสอบถามความคิดเห็น ปัญหาและความต้องการ นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ แก้ไขปรับปรุงในด้านเทคนิคต่าง ๆ

(3) ครั้งที่ 3 นำนวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผ่านการปรับปรุงแล้วไปทดสอบหาประสิทธิภาพกลุ่มใหญ่ กับนักเรียนที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหาในนวัตกรรมหรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้มาก่อน จำนวน 1 ห้องเรียนหรือ 25 - 30 คน

สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยกำหนดให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2.4.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4.3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัยต่าง ๆ ในการจัดการศึกษา นักศึกษาได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีประการหนึ่งที่สามารถบอกถึงคุณภาพการศึกษา ดังที่อนาตาซี (1970 : 107 อ้างถึงใน ปริยทิพย์ บุญคง, 2546 : 7) กล่าวไว้พอสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบด้านสติปัญญา และองค์ประกอบด้านที่ไม่ใช้สติปัญญา ได้แก่ องค์ประกอบด้านเศรษฐกิจ สังคม แรงจูงใจ และองค์ประกอบที่ไม่ใช้สติปัญญาด้านอื่น

ไอแซงค์ อาโนลด์ และไมลี (อ้างถึงใน ปริยทิพย์ บุญคง, 2546 : 7) ให้ความหมายของ คำว่า ผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายามอย่างมาก ซึ่งเป็นผลมาจากการกระทำที่ต้องอาศัยทั้งความสามารถทั้งทางร่างกายและ ทางสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวบุคคล ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปของเกรดจากโรงเรียนซึ่งต้องอาศัยกระบวนการ ที่ซับซ้อน และระยะเวลานานพอสมควร หรืออาจได้จากการวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับ ไพศาล หวังพานิช (2536 : 89) ที่ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือ

การสอบ จึงเป็นการตรวจสอบระดับความสามารถของบุคคลว่าเรียนแล้วมีความรู้เท่าใด สามารถวัดได้โดยการใช้แบบทดสอบต่าง ๆ เช่น ใช้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ข้อสอบวัดภาคปฏิบัติ สามารถวัดได้ 2 รูปแบบ ดังนี้

(1) การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติโดยทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงความสามารถดังกล่าว ในรูปของการกระทำจริงให้ออกเป็นผลงาน การวัดต้องใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ

(2) การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาซึ่งเป็นประสบการณ์เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ สามารถวัดได้โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการวัดการเปลี่ยนแปลง และประสบการณ์การเรียนรู้ ในเนื้อหาสาระที่เรียนมาแล้วว่าเกิดการเรียนรู้เท่าใด มีความสามารถชนิดใด โดยสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดสัมฤทธิ์ในลักษณะต่าง ๆ และการวัดผลตามสภาพจริง เพื่อบอกถึงคุณภาพการศึกษาความหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4.3.2 ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2546 : 78 - 82) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบวัดสมรรถภาพทางสมองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียน คือเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ตนได้สอน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบ ที่ครูสร้างและมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้

(1) ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นแต่ละคน

(2) ข้อสอบแบบกาถูก - ผิด ลักษณะทั่วไป ถือได้ว่าข้อสอบแบบกาถูก - ผิด คือ ข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก - ผิด ใช่ - ไม่ใช่ จริง - ไม่จริง เหมือนกัน - ต่างกัน เป็นต้น

(3) ข้อสอบแบบเติมคำ ลักษณะทั่วไปเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยค หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

(4) ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

(5) ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะทั่วไป เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำหรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำ หรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

(6) ข้อสอบแบบเลือกตอบ ลักษณะทั่วไป ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้จะประกอบด้วย 2 ตอน ตอนนำหรือคำถามกับตอนเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้ผู้เรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน ดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 96) ได้กล่าวถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทำนองเดียวกันว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง

จากความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ความสามารถทางการเรียนด้านเนื้อหา ด้านวิชาการและทักษะต่าง ๆ ของวิชาต่าง ๆ

2.4.3.3 หลักเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากนักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน ที่กล่าวถึงหลักเกณฑ์ไว้สอดคล้องกัน และได้ลำดับเป็นขั้นตอน ดังนี้

(1) ศึกษาเนื้อหาหรือทักษะที่ครอบคลุมในแบบทดสอบนั้น จะต้องเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ได้

(2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ใช้แบบทดสอบวัดนั้น ถ้านำไปเปรียบเทียบกันจะต้องให้ทุกคนมีโอกาสเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นได้ครอบคลุมและเท่าเทียมกัน

(3) วัดให้ตรงกับจุดประสงค์ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรจะวัดตามวัตถุประสงค์ทุกอย่างของการสอน และจะต้องมั่นใจว่าได้วัดสิ่งที่ต้องการจะวัดได้จริง

(4) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการวัดความเจริญงอกงามของนักเรียน การเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าไปสู่วัตถุประสงค์ที่วางไว้ ดังนั้นครูควรจะทราบว่าก่อนเรียนนักเรียนมีความรู้ความสามารถอย่างไร เมื่อเรียนเสร็จแล้วมีความรู้แตกต่างจากเดิมหรือไม่ โดยการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน

(5) การวัดผลเป็นการวัดผลทางอ้อม เป็นการยากที่จะใช้ข้อสอบแบบเขียนตอบวัดพฤติกรรมตรง ๆ ของบุคคลได้ สิ่งที่วัดได้ คือ การตอบสนองต่อข้อสอบ ดังนั้นการเปลี่ยนวัตถุประสงค์ให้เป็นพฤติกรรมที่จะสอบ จะต้องทำอย่างรอบคอบและถูกต้อง

(6) การวัดการเรียนรู้ เป็นการยากที่จะวัดทุกสิ่งทุกอย่างที่สอนได้ภายในเวลาจำกัด สิ่งที่วัดได้เป็นเพียงตัวแทนของพฤติกรรมทั้งหมดเท่านั้น ดังนั้นต้องมั่นใจว่าสิ่งที่วัดนั้นเป็นตัวแทนแท้จริงได้

(7) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นเครื่องช่วยพัฒนาการสอนของครูและเป็นเครื่องช่วยในการเรียนของเด็ก

(8) ในการศึกษาที่สมบูรณ์นั้น สิ่งสำคัญไม่ได้อยู่ที่การทดสอบแต่เพียงอย่างเดียวการทบทวนการสอนของครูก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง

(9) การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรจะเน้นในการวัดความสามารถในการใช้ความรู้ให้เป็นประโยชน์ หรือการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ

(10) ควรใช้คำถามให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์ที่วัด

(11) ให้ข้อสอบมีความเหมาะสมกับนักเรียนในด้านต่าง ๆ เช่น ความยากง่ายพอเหมาะ มีเวลาพอสำหรับนักเรียนในการทำข้อสอบ

อำไพ เกียรติชัย และคนอื่น ๆ (2546: 69) ยังได้เสนอการตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ว่า นิยมตรวจสอบด้วยวิธีการวัดความตรงของเนื้อหา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวนหนึ่ง (3 หรือ 5 คน) พิจารณาความตรงของเนื้อหาในแผนการจัดการเรียนรู้กับจุดประสงค์ของแผนการเรียนรู้นั้น แล้วจึงนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Item Objective Congruence Index) หรือเรียกย่อ ๆ ว่าค่า IOC โดย

ผู้เชี่ยวชาญจะประเมิน 3 ระดับ คือ สอดคล้อง (+1) ไม่แน่ใจ (0) หรือไม่สอดคล้อง (-1) ค่า IOC ที่เหมาะสมควร มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป

จากที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ในการสร้างแบบทดสอบให้มีคุณภาพ วิธี การสร้างแบบทดสอบที่เป็นคำถาม เพื่อวัดเนื้อหาและพฤติกรรมที่สอนไปแล้ว ต้องตั้งคำถามที่สามารถวัดพฤติกรรมการเรียนการสอนได้อย่างครอบคลุมและตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนั้น ในการสร้างแบบวัดสัมฤทธิ์ผลในการเรียนสำหรับงานวิจัยนี้จึงมีการดำเนินการโดยให้ผู้เชียวชาญพิจารณาความสอดคล้องระหว่าข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) ด้วย เพื่อให้ได้แบบสอบถามที่มีคุณภาพสูงที่สุด

2.4.3.4 ชนิดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538 : 146) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอกับให้นักเรียนปฏิบัติจริง ซึ่งแบ่งแบบทดสอบประเภทนี้เป็น 2 ประเภท คือ

(1) แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้นเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนในห้องเรียน เป็นการทดสอบว่านักเรียนมีความรู้มากแค่ไหนบกพร่องในส่วนใดจะได้สอนซ่อมเสริม หรือเป็นการวัดเพื่อดูความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

(2) แบบทดสอบมาตรฐาน หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาวิชา หรือจากครูที่สอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนมีคุณภาพดีจึงสร้างเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบนั้น สามารถใช้หลักและเปรียบเทียบผลเพื่อประเมินค่าของการเรียนการสอนในเรื่องใด ๆ ก็ได้ แบบทดสอบมาตรฐานจะมีคู่มือดำเนินการสอบบอดถึงวิธีการ และยังมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วยทั้งแบบทดสอบของครูและแบบทดสอบมาตรฐาน จะมีวิธีการในการสร้างข้อคำถามที่เหมือนกัน เป็นคำถามที่วัดเนื้อหาและพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

(2.1) วัดด้านการนำไปใช้

(2.2) วัดด้านการวิเคราะห์

(2.3) วัดด้านการสังเคราะห์

(2.4) วัดด้านการประเมินค่า

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนในรูปแบบของแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน โดยตั้งสมมุติฐานว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.4.4 การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียน

ในปี ค.ศ.1998 Richard Hake (Richard R. Hake: 1998) แห่งมหาวิทยาลัยอินเดียนา ได้ทำการสำรวจผลของการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำรวจเป็นผู้เรียนที่เรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษา ซึ่งห้องเรียนฟิสิกส์ทั้งหมดที่ทำการสำรวจมีจำนวน 62 ชั้นเรียน แบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่หนึ่งได้รับวิธีการเรียนการสอนแบบ Interactive Engagement และกลุ่มที่สองได้รับวิธีการเรียนการสอนแบบดั้งเดิม (Traditional Teaching) และใช้ข้อสอบมาตรฐานประเมินความเข้าใจเรื่องแรง (Force Concept Inventory : FCI) โดยทำการทดสอบความเข้าใจของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วใช้คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของผู้เรียน ซึ่งวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ที่ Richard Hake ใช้เรียกว่า Normalized gain วิธีนี้สามารถหาได้จากอัตราส่วนของ การเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงต่อผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้สูงสุด สามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

$$\langle g \rangle = (\%\ \text{Post-test}) - (\%\ \text{Pre-test}) / (100\ \%) - (\%\ \text{Pre test})$$

โดยที่

<g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ *

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยนของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์ *

* คิดเฉพาะนักเรียนคนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

การคำนวณหา Normalized gain นี้ไม่จำเป็นต้องใส่เป็นเปอร์เซ็นต์ก็ได้ ให้ใช้คะแนนสอบจริงแทน โดย Pre-test คือ คะแนนสอบก่อนเรียน Post-test คือคะแนนสอบหลังเรียน และใช้คะแนนเต็มของข้อสอบชุดนั้นแทน 100% <g> หรือ normalized gain แปลความได้ว่าผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (Actual gain = (% post–test) - (% Pre-test)) คิดเป็นกี่เท่า

ของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100 %) - (% Pre-test) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0 โดย Hake แบ่งระดับของ gain ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

(1) High gain เมื่อ <g> มีค่ามากกว่า 0.7

(2) Medium gain เมื่อ <g> มีค่าตั้งแต่ 0.3 ถึงกว่า 0.7

(3) Low gain เมื่อ <g> มีค่าตั้งแต่ 0 ถึงกว่า 0.3

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการของ Richard Hake (1998) มาใช้ในการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยตั้งสมมุติฐานว่าภายหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนเพิ่มขึ้น

2.4.5 การสำรวจความพึงพอใจในการเรียน

ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2541 : 56 - 58) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจ (Satisfaction) ว่าเป็นความรู้สึกที่ดีของบุคคลที่ได้รับการตอบสนองเมื่อบรรลุวัตถุประสงค์ในสิ่งที่ต้องการและคาดหวัง ความพึงพอใจเป็นความชอบของแต่ละบุคคลซึ่งระดับความพึงพอใจของแต่ละบุคคลย่อมแตกต่างกัน อันเป็นผลมาจากพื้นฐานทางการศึกษา ทางด้านเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม โดยพฤติกรรมความพึงพอใจของมนุษย์เป็นความพยายามที่จะขจัดความตึงเครียด (Tension) หรือความกระวนกระวาย (Discomfort) หรือภาวะไม่ได้ดุลยภาพ (Unequilibrium) ในร่างกายเมื่อมนุษย์สามารถขจัดสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ไปได้แล้ว มนุษย์ย่อมจะได้รับความพึงพอใจในสิ่งที่ตนเองต้องการ นอกจากนี้ สมศักดิ์ คงเที่ยง และอัญชลี โพธิ์ทอง (2542 : 278 - 279) ได้กล่าวถึงความพึงพอใจใน 3 ประเด็น ดังนี้ 1) ความพึงพอใจเป็นผลรวมของความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับระดับความชอบหรือไม่ชอบต่อสภาพต่างๆ 2) ความพึงพอใจเป็นผลของทัศนคติที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบต่างๆ และ 3) ความพึงพอใจในการทำงานเป็นผลมาจากการปฏิบัติงานที่ดี และสำเร็จจนเกิดเป็นความภูมิใจ และได้ผลตอบแทนในรูปแบบต่าง ๆ ตามที่หวังไว้

Mullin (1985) กล่าวว่าความพึงพอใจเป็นทัศนคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ หลาย ๆ ด้านเป็นสภาพภายในที่มีความสัมพันธ์กับความรู้สึกของบุคคลที่ประสบความสำเร็จในงานทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ เกิดจากการที่มนุษย์มีแรงผลักดันบางประการในตนเอง และพยายามจะบรรลุเป้าหมายบางอย่างเพื่อที่จะสนองตอบความต้องการ หรือความคาดหวังที่มีอยู่ และเมื่อบรรลุเป้าหมายนั้นแล้วจะเกิดความพึงพอใจ เป็นผลสะท้อนกลับไปยังจุดเริ่มต้น เป็นกระบวนการหมุนเวียนต่อไปอีก

ดังนั้น ถ้าจะสรุปความหมายของความพึงพอใจอย่างสั้น ๆ ก็น่าจะหมายถึงความรู้สึกทางบวกที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจความรู้สึกทางบวกของผู้เรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งในการสร้างบทเรียนดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทำการนำเสนอเนื้อหาในรูปของภาพเสมือน การ์ตูนประกอบ แบบฝึกหัดระหว่างเรียน ที่มีความหลากหลาย และมีสีสันที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน รวมทั้งมีการเชื่อมโยงเนื้อหาจากง่ายไปยาก ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ง่าย และเกิดความสนุกสนาน นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมที่ให้โอกาสผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนตลอดจนให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความต้องการของแต่ละบุคคล ดังนั้น จึงทำให้ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร อยู่ในระดับมาก

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประเสริฐ ชุมปัญญา (2549 : 29 - 30) ได้ทำการวิจัยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการทดสอบแรงดึง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกช่างผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ ชั้นปีที่ 2 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการทดสอบแรงดึง ผลการวิจัยครั้งนี้ ปรากฏว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย นักศึกษามีความรู้เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

เสถียร พิริยะสุรวงศ์ (2549 : 41 - 42) การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาวงจรไฟฟ้า 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ของวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ภาคการศึกษา 1/2549 ซึ่งกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.52/80.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นายจิระ หนูบรรจง (2550 : 55) ได้ทำวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษา การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษา และหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 (2) ศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 และ 4 ในกิจกรรมวิชาการชุมนุมคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนปทุมคงคา จำนวน 30 คน เครื่องมือ ที่ใช้คือบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยี สถิติที่ใช้ ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ค่าความเชื่อมั่น และทดสอบสมมุติฐานโดยใช้ ค่า E1/E2 และ t-test ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิต รายการวีดิทัศน์การศึกษา มีประสิทธิภาพ 88.17/87.64 และมีคุณภาพด้านเนื้อหา และด้านสื่อในระดับดี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่อง หลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล (2551 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง บทที่ 1-2 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญาตรี วศ.บ. ชั้นปีที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 17 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง บทที่ 1 - 2 ผลการวิจัยครั้งนี้ปรากฏว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย นักศึกษามีความรู้เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิทักษ์ ถาวรวงษ์ (2551 : 75-76) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลอง และมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชางานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สร้างขึ้นนี้ไปทดลอง ใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบ่อไร่ จำนวน 20 คน โดยกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเอง ซึ่งเรียนเมื่อจบ แต่ละหน่วยการเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดจนครบทุกหน่วย จากนั้นทำทดสอบหลังบทเรียน เพื่อทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชางานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า เรื่องเตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เครื่องเป่าผมไฟฟ้า และพัดลมไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นมานี้มี ประสิทธิภาพ 86.53/83.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้และเป็นไปตามสมมุติฐานการวิจัย

ชนัฏตา สินธนพงศ์ (2552 : 69) ได้ทำการวิจัย เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องภาพตัด (section view) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต วัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนและหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องภาพตัด (section view) โดยมีสมมุติฐานการวิจัยว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นสามารถใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง กว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สูงกว่าก่อนเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องภาพตัด (section view) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2552 ภาคเรียนที่ 1 จำนวน 36 คน โดยการสุ่มแบบเจาะจง โดยทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยสูตรคำนวณทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.67/84.78 ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานของการวิจัย และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศศิธร ชูแก้ว (2554 : บทคัดย่อ) การเรียนรู้เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา เป็นเรื่องที่สาคัญของนักศึกษาและบุคลากรทางการศึกษา แต่เนื่องจากรายละเอียด

เกี่ยวกับเนื้อหาตัวบ่งชี้มีลักษณะที่ยากและเป็นหนังสือหรือตาราที่ไม่น่าสนใจทำให้ผู้ที่ต้องการศึกษาค้นคว้า เกิดการเบื่อหน่ายเพราะการขาดปฏิสัมพันธ์ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างสื่อมัลติมีเดียเรื่องการประกันคุณภาพศึกษาภายในสถานศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ต้องการศึกษาสามารถศึกษาด้วยตนเอง และทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวมากขึ้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ที่เรียนรายวิชาการประกันคุณภาพการศึกษา จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดีย เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษาภายใน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) เท่ากับ 0.62 และมีระดับค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.52 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียข้างต้น พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และการพัฒนาและหาประสิทธิภาพสื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เนื้อหาส่วนใหญ่เป็นพื้นฐานด้านวิศวกรรมศาสตร์ เช่น เรื่องภาพตัด (section view) วิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง งานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า วงจรไฟฟ้า 1 เครื่องกลไฟฟ้า เป็นต้น คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยทั้งในและต่างประเทศสร้างขึ้น พบว่า ส่วนใหญ่มีผลต่อการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน และผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่างมีความพึงพอใจในการเรียนด้วยบทเรียนดังกล่าว เนื่องจากมีเนื้อหาน่าสนใจ สั้น กระชับ เข้าใจง่าย มีรูปแบบที่หลากหลาย สามารถสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น และมีความสนุกสนาน นอกจากนี้ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ส่วนใหญ่พบว่าผู้เรียนมีความคิดเห็นที่ดีถึงดีมากต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ช่วยยืนยันสมมุติฐานของงานวิจัยครั้งนี้ที่ว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร เพิ่มขึ้น และมีความพึงพอใจต่อบทเรียนในระดับมาก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ในวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยแบ่งการนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวนทั้งสิ้น 115 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 28 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย แบ่งเป็น 2 ฉบับ คือ

(1) แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา

(2) แบบประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษา

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน

3.2.1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่อง การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีขั้นตอน ดังนี้

ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย มีรายละเอียด ดังนี้

(1) ศึกษารายละเอียดลักษณะวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยศึกษาเอกสารหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสากรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

(2) การวิเคราะห์บทเรียนเพื่อแบ่งหัวข้อและกำหนดจำนวนกรอบในหน่วยเรียน ซึ่งในหน่วยเรียนประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

(2.1) จุดประสงค์การเรียนรู้

(2.2) เนื้อหา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง ดังนี้

(2.2.1) หน่วยและคำศัพท์เฉพาะของแสง

(2.2.2) หลอดไฟ

(2.2.3) โคมไฟ

(3) นำเนื้อหามาออกแบบการนำเสนอทางจอภาพ โดยเขียนเป็นสคริปต์หรือ Story Board

(4) นำสคริปต์หรือ Story Board ที่จัดทำเรียบร้อยแล้วพร้อมเนื้อหา ไปนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของการจัดทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

(5) นำสคริปต์หรือ Story Board ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว มาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย โดยใช้โปรแกรมสื่อมัลติมีเดีย Adobe Flash CS3 สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

(6) นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 3 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) ประเมินคุณภาพของบทเรียนดังกล่าว โดยใช้แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ได้ค่าเฉลี่ยของคะแนน เท่ากับ 4.82 และด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ได้ค่าเฉลี่ยของคะแนน เท่ากับ 4.60 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีคุณภาพระดับดีมาก ทั้ง 2 ด้าน

(7) ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ตามขั้นตอนต่อไปนี้ (ลาวัณย์ อินทรารักษ์, 2541 : 56 – 57)

(7.1) ขั้นทดลองแบบรายบุคคล (Individual Try-out) นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มนักศึกษาที่มีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน รวมเป็น 3 คน ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย หลังจากที่นักศึกษาเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยในระหว่างเรียนผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษาขณะเรียน และซักถามปัญหาข้อสงสัย ตลอดจนความเข้าใจในบทเรียน แล้วนำผลที่ได้มาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

(7.2) ขั้นทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Group Try-out) นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มนักศึกษาที่มีผลการเรียนเก่ง จำนวน 2 คน นักศึกษาที่มีผลการเรียนปานกลาง จำนวน 3 คน และนักศึกษาที่มีผลการเรียนอ่อน จำนวน 2 คน รวมเป็น 7 คน และไม่ใช่นักศึกษากลุ่มเดียวกับในข้อ 7.1 ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย หลังจากที่นักศึกษาเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยในระหว่างเรียนผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษาขณะเรียน และซักถามปัญหาข้อสงสัย ตลอดจนความเข้าใจในบทเรียน แล้วนำผลที่ได้มาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เพื่อดำเนินการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

(7.3) ขั้นทดลองแบบกลุ่มใหญ่ หรือภาคสนาม (Field Try-Out) นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 20 คน และไม่ใช่นักศึกษากลุ่มเดียวกับในข้อ 7.1 และข้อ 7.2 ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย หลังจากที่นักศึกษาเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบหลังเรียน โดยในระหว่างเรียนผู้วิจัยทำการสังเกตพฤติกรรมนักศึกษาขณะเรียน และ

ซักถามปัญหาข้อสงสัย ตลอดจนความเข้าใจในบทเรียน แล้วนำผลที่ได้มาหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้น

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

ในการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบประเมินบทเรียนขึ้นจำนวน 2 ฉบับ คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

(1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2) สร้างแบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มีคุณภาพดีมาก มีคุณภาพดี มีคุณภาพปานกลาง มีคุณภาพน้อย และมีคุณภาพน้อยมาก

<u>แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา</u> มีข้อคำถามจำนวนทั้งสิ้น 11 ข้อ โดยแบ่งการประเมินเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง มีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ 2) ด้านภาษา มีข้อคำถามจำนวน 3 ข้อ และ 3) ด้านแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ มีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ

<u>แบบประเมินคุณภาพด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ)</u> ข้อคำถามจำนวนทั้งสิ้น 25 ข้อ โดยแบ่งการประเมินเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านส่วนประกอบทั่วไปของบทเรียน มีข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ 2) ด้านคุณภาพของเสียง มีข้อคำถามจำนวน 4 ข้อ 3) ด้านการใช้รูปภาพและกราฟิก มีข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ 4) ด้านตัวอักษร มีข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ และ 5) ด้านปฏิสัมพันธ์มีข้อคำถามจำนวน 5 ข้อ

(3) นำแบบประเมินคุณภาพทั้ง 2 ฉบับ ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (รายชื่อในภาคผนวก ก) ด้านภาษา ด้านวัดและประเมินผลการศึกษา และด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ความถูกต้องเหมาะสมของภาษา จากนั้นปรับปรุงแก้ไข และเพิ่มเติมบางส่วนที่บกพร่องตามที่ได้รับการแนะนำ

(4) กำหนดค่าระดับความคิดเห็นของผู้ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ดังนี้

5	หมายถึง	มีคุณภาพดีมาก
4	หมายถึง	มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

1 หมายถึง มีคุณภาพน้อยมาก

(5) กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายคะแนนของแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง มีคุณภาพดี

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง มีคุณภาพน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง มีคุณภาพน้อยมาก

(6) นำแบบประเมินบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปใช้

3.2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีดังนี้

(1) ศึกษาหลักสูตร แผนการสอน และจุดประสงค์การสอนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

(2) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

(3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การสอน

(4) นำข้อสอบไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน (ดูรายชื่อในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความถูกต้องเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมของภาพ รวมทั้งความเหมาะสมของตัวเลือก ตัวลวง และนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

(5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่ได้ปรับปรุงแก้ไข แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความตรงของแบบทดสอบว่ามีเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ และนำผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence : IOC) (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2546, หน้า 86) ซึ่งมีค่า

ตั้งแต่ 0.8 – 1.00 (รายละเอียด แสดงผลในภาคผนวก ข) ดังนั้น ข้อคำถามทั้ง 15 ข้อ ถือว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องใช้ได้

(6) นำข้อสอบที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่เคยเรียนเนื้อหาวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารมาแล้ว โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบให้ 0 คะแนนเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

(7) นำผลคะแนนที่ได้จากการทดลองใช้มาวิเคราะห์รายข้อ เพื่อหาระดับความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เกณฑ์ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป เพื่อนำมาใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการวิเคราะห์ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ ที่กำหนดจำนวนทั้งสิ้น 15 ข้อ

(8) นำข้อสอบจำนวน 15 ข้อที่ผ่านเกณฑ์ในข้อ 7.มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์ ริชาร์ดสัน (อ้างถึง : ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2538 : 197 - 200) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.83 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบสำรวจความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนของ กัญญาลักษณ์ นุชประยูร (2550) ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.82 มาใช้ในการสำรวจความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

3.3 การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอน ดังนี้

(1) จัดเตรียมห้องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยนักศึกษา 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

(2) ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน ที่ลงเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test) เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร แล้วจึงดำเนินการสอนเรื่องดังกล่าว เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ติดต่อกัน โดยสอนสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง ในการสอนแต่ละสัปดาห์ผู้เรียนจะได้เรียนเสริม

ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย โดยทำกิจกรรมและแบบฝึกหัดระหว่างเรียนตามที่กำหนดในบทเรียน เมื่อเรียนจบ ผู้เรียนจะต้องทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-Test) ทันที รวมทั้งทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียดังกล่าว

(3) นำคะแนนแบบฝึกหัดระหว่างเรียนแต่ละตอน และคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมัลติมีเดีย และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน รวมทั้งวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียดังกล่าว

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติ ดังนี้

(1) การวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้สถิติ ดังนี้

(1.1) การหาดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบโดยใช้สูตร ดังนี้ (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 127)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับลักษณะพฤติกรรม

$\sum R$ แทน คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

(1.2) การหาค่าความยาก (P) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตร ดังนี้ (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 129)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

(1.3) การหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรดังนี้ (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 130)

$$r = \frac{R_u - R_L}{N}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

R_U แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มสูง

R_L แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบถูกในกลุ่มต่ำ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

(1.4) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียน โดยใช้สูตร KR - 20 ของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 123)

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

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่น

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนข้อ

p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ เท่ากับ $1-p$

(2) หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สูตรการหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 137 - 138)

สูตรการหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2

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

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

เมื่อ E_1 คือ ร้อยละของประสิทธิภาพของผลลัพธ์ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบก่อนเรียนของผู้เรียนทั้งหมด

E_2 คือ ร้อยละของประสิทธิภาพของผลลัพธ์ได้จากคะแนนเฉลี่ยของการทำแบบทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัดท้ายบท

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน

A คือ คะแนนเต็มของการสอบก่อนเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

N คือ จำนวนผู้เรียน

(3) การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

(3.1) ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณจากสูตร ดังนี้ (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 143)

$$\overline{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนน

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

(3.2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) คำนวณจากสูตร (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 143)

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

เมื่อ Σ คือ ผลรวม

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n คือ จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

(3.3) ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t – test Dependent Samples (อ้างถึง : พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543 : 137 - 138)

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณา

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลแตกต่างของคะแนนในแต่ละคู่

$\sum D^2$ แทน ผลรวมของ D แต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum D)^2$ แทน ผลรวมของ D ทั้งหมดยกกำลังสอง

n แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

df = n– 1

(3.4) สถิติที่ใช้ในการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน ในการประเมินผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นของ ผู้เรียนจะใช้วิธีการ Normalized gain (Richard R. Hake: 1998) คือ

<g> = (% post–test) - (% Pre-test) / (100 %) - (% Pre-test)

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์.

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยนของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

ด้วยการประเมินทำให้สามารถแบ่งระดับของค่า Normalized gain ออกเป็นกลุ่มได้เป็นสามระดับ

คือ “High gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $\langle g \rangle \geq 0.7$

“Medium gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.7 \leq \langle g \rangle \geq 0.3$

“Low gain” เป็นชั้นเรียนที่ได้ค่า $0.0 \leq \langle g \rangle > 0.3$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอผลการวิเคราะห์ตามลำดับ ดังต่อไปนี้

4.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

4.4 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

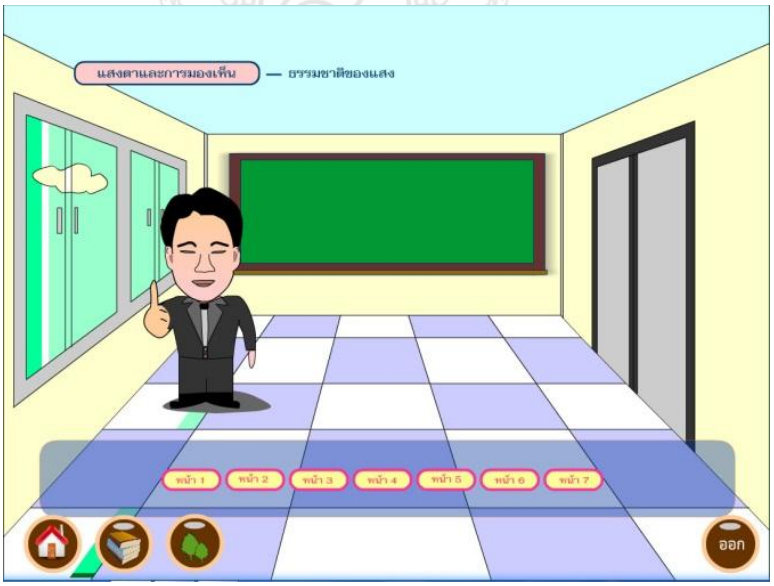
4.1 ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ตัวอย่าง บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ภาพที่ 4.1 ภาพหน้าแรกของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

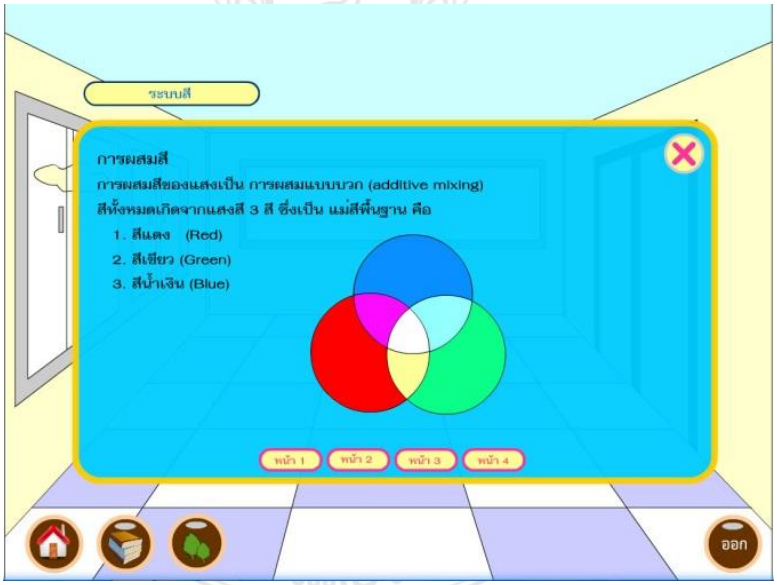
ภาพที่ 4.2 ภาพการแบ่งเนื้อหาการเรียนรู้

ภาพที่ 4.3 ภาพแสดงการแบ่งหัวข้อ และกิจกรรม

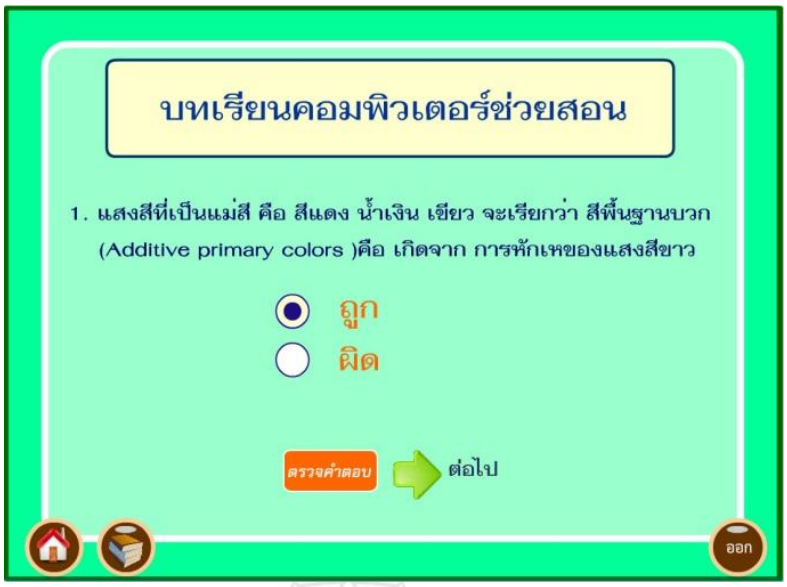


ภาพที่ 4.4 ภาพแสดงเข้าสู่การเรียน

ภาพที่ 4.5 ภาพตัวอย่างการบรรยายเนื้อหาการเรียน



ภาพที่ 4.6 ภาพตัวอย่างการบรรยายเนื้อหาการเรียน



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกถูก – ผิด

ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกจับคู่

ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงตัวอย่างการทดสอบการเรียนรู้ แบบเลือกคำให้ถูกกับข้อ

ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงตัวอย่างการเลือกแบบโคมไฟ

ภาพที่ 4.11 ภาพแสดงหน้าแบบทดสอบก่อนเรียน

ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงหน้าแบบทดสอบหลังเรียน

ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ได้ดำเนินการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ดังกล่าวกับนักศึกษา จำนวน 3 ขั้นตอน และปรับปรุงแก้ไขบทเรียนจนได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ 80/80 ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง สำหรับผลการทดลองทั้ง 3 ขั้น มีดังนี้

4.1.1 ขั้นทดลองแบบรายบุคคล (Individual Try-out)

ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย จากกลุ่มนักศึกษาที่มีผลการเรียน เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละ 1 คน รวมเป็น 3 คน ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบรายบุคคล

การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน (15 คะแนน)	12	80
หลังเรียน (15 คะแนน)	12.67	84.44

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า นักศึกษที่ทำแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 80 และทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 84.44 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

จากการทดลองครั้งนี้ พบข้อบกพร่อง ดังต่อไปนี้ คือ การอธิบายเนื้อหาในบางเรื่องยาวไป บางเรื่องสั้นไปและสีสันไม่สะดุดตาเท่าที่ควร ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำบทเรียนมาแก้ไข โดยทฤษฎีที่สั้นหรือยาวไป ก็อธิบายใหม่ให้กระชับและได้ใจความ รวมถึงได้เพิ่มสีสันในเนื้อหาและตัวการ์ตูนเพื่อเพิ่มความน่าสนใจของบทเรียนคอมพิวเตอร์มากขึ้น จากนั้นจึงนำไปทดลองกับนักศึกษากลุ่มที่ 2 อันเป็นการทดลองแบบกลุ่มเล็ก

4.1.2 ขั้นทดลองแบบกลุ่มเล็ก (Group Try-out)

ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มนักศึกษา ที่มีผลการเรียนเก่ง จำนวน 2 คน นักศึกษาที่มีผลการเรียนปานกลาง จำนวน 3 คน และนักศึกษาที่มีผลการเรียนอ่อน จำนวน 2 คน รวมเป็น 7 คน และไม่ใช่นักศึกษากลุ่มเดียวกับในข้อ 4.1.1 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบกลุ่มเล็ก

การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน (15 คะแนน)	12.71	84.76
หลังเรียน (15 คะแนน)	13.57	90.48

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่า นักศึกษที่ทำแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 84.76 และทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 90.48 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 อย่างไรก็ตาม จากการสัมภาษณ์นักศึกษาที่ทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร พบข้อบกพร่องเล็กน้อย ดังต่อไปนี้ คือ สีสันที่ใช้เป็นสีพื้นหลังเยอะและฉูดฉาดเกิดไปทำให้ความน่าสนใจของเนื้อหาลดลง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำบทเรียนมาแก้ไขโดยลดสีสันของพื้นหลังลง จากนั้นจึงนำไปทดลองกับนักศึกษากลุ่มที่ 3 อันเป็นการทดลองแบบกลุ่มใหญ่ หรือภาคสนาม

4.1.3 ขั้นทดลองแบบกลุ่มใหญ่ หรือภาคสนาม (Field Try-Out)

ผู้วิจัยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และไม่เคยเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง โดยเลือกนักศึกษาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย

จำนวน 20 คน และไม่ใช่นักศึกษากลุ่มเดียวกับในข้อ 4.1.1 และข้อ 4.1.2 ผลการทดลองแสดงในตาราง ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย และร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของขั้นทดลองแบบกลุ่มใหญ่ หรือภาคสนาม

การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน (15 คะแนน)	12.55	83.67
หลังเรียน (15 คะแนน)	13.40	89.33

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า นักศึกษที่ทำแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 83.67 และทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 89.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ผู้วิจัยจึงนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดียนี้ ไปใช้ทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ผู้วิจัยได้นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารไปทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 28 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ผลการทดสอบแสดงในตาราง ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนการทดสอบระหว่างเรียน และหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง

การทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	คิดเป็นร้อยละ
ก่อนเรียน (15 คะแนน)	12.05	81.45
หลังเรียน (15 คะแนน)	12.68	85.71

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่า กลุ่มตัวอย่างนักศึกษาที่ทำแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนก่อนเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 36.90 และสามารถทำแบบวัดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนระหว่างเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ถูกต้องร้อยละ 81.45 ในขณะที่สามารถทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ถูกต้อง คิดเป็น ร้อยละ 85.71 ดังนั้น ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีค่าเท่ากับ 81.45/85.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 และเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ที่ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 80/80

4.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

คะแนนที่ได้จากผลการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนได้ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (t) ของคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	N	$\overline{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียนบทเรียน	28	5.54	1.64	33.501
หลังเรียนบทเรียน	28	12.68	1.36	

*P < .01

จากตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียน ($\overline{X}$ = 12.68) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของ

คะแนนทดสอบก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 5.54) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะเห็นได้จากค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 33.501 ซึ่งมากกว่าค่า t ที่เปิดจากตารางที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ df = n - 1 ซึ่งเท่ากับ 1.7033 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

การประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain (Hake, 1998) จากการเรียนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยใช้วิธี Average normalized gain ได้ผล ดังนี้

$$\begin{aligned} \langle g \rangle &= (85.71\% - 36.90\ \%) / (100\ \% - 36.90\%) \\ &= 48.81 / 63.10 \\ &= 0.77 \end{aligned}$$

จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง ($\langle g \rangle$ =0.77)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบผลคะแนนการทดสอบความก้าวหน้าทางการเรียน

การทดสอบ	N	$\overline{X}$	S.D.	<g>	ระดับ
ก่อนเรียน	28	5.54	1.64	0.77	สูง
หลังเรียน	28	12.68	1.38		

จากตาราง 4.6 ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้วิธี Average Normalized gain (Hake,1998) มีค่าเท่ากับ 0.77 และเมื่อเทียบกับระดับ gain ที่ Hake (Hake,1998) แบ่ง พบว่า อยู่ในระดับ Hign gain กล่าวคือ มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า ภายหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

แบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนสูง

4.4 ความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร แสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านความน่าสนใจ			
1. ผู้เรียนมีความชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4.86	0.36	มากที่สุด
2. ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.86	0.36	มากที่สุด
3. ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชามากขึ้น	4.82	0.48	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยความสนใจของผู้เรียน	**4.84**	**0.4**	**มากที่สุด**
ด้านเนื้อหา			
4. เนื้อหาวิชาสอดคล้อง ครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.79	0.42	มากที่สุด
5. เนื้อหามีความถูกต้อง	4.82	0.39	มากที่สุด
6. การเรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม	4.54	0.64	มากที่สุด
7. อธิบายเนื้อหาง่ายต่อการเข้าใจ มีความชัดเจน	4.75	0.59	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยเนื้อหา	**4.72**	**0.51**	**มากที่สุด**
ด้านการออกแบบ			
8. สีที่ใช้ประกอบในเนื้อหามีความเหมาะสม	4.64	0.49	มากที่สุด
9. ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสม	4.71	0.60	มากที่สุด
10. ภาพที่ใช้ประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.61	0.63	มากที่สุด
11. เสียงที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง	4.61	0.57	มากที่สุด

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และผลการประเมินความพึงพอใจในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
12. ข้อความลิงค์วางตำแหน่งได้เหมาะสม	4.64	0.56	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยการออกแบบ	**4.64**	**0.57**	**มากที่สุด**
ผลรวมเฉลี่ยความพึงพอใจ	**4.80**	**0.49**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.7 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร พบว่ามีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดทุกด้าน ดังนี้ คือ ด้านความสนใจของผู้เรียน $\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.4; ด้านเนื้อหา $\overline{X}$ = 4.72, S.D. = 0.51 และด้านการออกแบบ $\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.57 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักศึกษามีความพึงพอใจในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระดับมากที่สุดทุกข้อ ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ว่า นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร อยู่ในระดับมาก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ตลอดจนศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน รวมทั้งเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. ภายหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร นักศึกษามีคะแนนความก้าวหน้าทางการเรียนสูง

4. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร อยู่ในระดับมาก

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า – ไฟฟ้ากำลัง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 28 คน โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (3) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน

วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอน ดังนี้

(1) ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 28 คน ที่ลงเรียนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test) เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

(2) ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทดลองเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

(3) เมื่อเรียนจบ ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-Test) และแบบสอบถามความพึงพอใจในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

(4) นำคะแนนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนมาเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้ t – test Dependent Samples

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 83.67/89.33

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียน ($\overline{X}$ = 12.85) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 5.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้วิธี Average Normalized gain พบว่ามีค่าความก้าวหน้า = 0.77 ซึ่งในระดับสูง (<g> = 0.77)

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน ที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร พบว่าความพึงพอใจโดยรวม ความพึงพอใจรายด้าน และรายข้อ อยู่ในระดับมากที่สุด ดังนี้ คือ

ด้านความสนใจของผู้เรียน $\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.4 ด้านเนื้อหา $\overline{X}$ = 4.72, S.D. = 0.51 และด้านการออกแบบ $\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.57 ตามลำดับ และทุกข้อผลรวมเฉลี่ยความพึงพอใจ $\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.49

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่อง การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 83.67/89.33 เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย เป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลและแสดงข้อความ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียงได้พร้อมกัน ในงานด้านการศึกษานั้น ระบบมัลติมิเดียช่วยให้การจัดทำโปรแกรมบทเรียนมีความน่าสนใจ เร้าใจผู้เรียน และผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามต้องการ โดยจะเรียนเร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานและความสามารถของผู้เรียนแต่ละบุคคล หรือผู้เรียนต้องการเรียนซ้ำไปซ้ำมากี่ครั้งก็ได้ ทำให้ผู้เรียนสามารถเกิดความรู้ ความเข้าใจ ในบทเรียน และสามารถทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และหลังเรียนได้คะแนนเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ตรงกับผลการศึกษาของ ชนัฏตา สินธนพงศ์ (2552:69) ที่ได้ทำการวิจัย เรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องภาพตัด (section view) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต โดยกลุ่มทดลองเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2552 ภาคเรียนที่ 1 พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.67/84.78 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และการศึกษาของ ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล (2551 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง บทที่ 1 - 2 โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญาตรี วศ.บ. ชั้นปีที่ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร พบว่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย นักศึกษามีความรู้เพิ่มมากขึ้น และการศึกษาของนายจิระ หนูบรรจง (2550 : 55) ได้ทำวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักเรียน ช่วงชั้นที่ 3 และ 4 ในกิจกรรมวิชาการชุมนุมคอมพิวเตอร์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนปทุมคงคา พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย มีประสิทธิภาพ 88.17/87.64 และผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และการศึกษาของ พิทักษ์ ถาวรวงษ์ (2551 : 75 - 76) ได้ทำการวิจัยเชิงทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน รายวิชางานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 แผนกวิชาไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพบ่อไร่ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชางานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า เรื่องเตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าวไฟฟ้า เครื่องเป่าผมไฟฟ้า และพัดลมไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้นมานี้มีประสิทธิภาพ 86.53/83.47 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ รวมทั้งการศึกษาของ เสถียร พิริยะสุรวงศ์ (2549 : 41 - 42) การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ. 2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ของวิทยาลัยเทคนิคนครปฐม ภาคการศึกษา 1/2549 ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.52/80.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

จะเห็นได้ว่า บทเรียนหลาย ๆ เรื่องที่กล่าวมา มีเนื้อหาสาระที่แตกต่างกันไป แต่เมื่อทำเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ก็มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ โดยช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียน และหลังเรียนได้คะแนนดี ที่เป็นเช่นนั้นน่าจะเป็นเพราะคุณลักษณะที่เอื้อต่อการเรียนรู้ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ดังที่ ธีระ ดิษยรัตน์ (2546 : 5) กล่าวไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย หมายถึง การนำเสนอข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย ตัวอักษร ภาพ (ภาพนิ่ง, ภาพเคลื่อนไหว) และเสียง (เสียงดนตรี, เสียงบรรยาย) ผ่านคอมพิวเตอร์ไปสู่ผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยเนื้อหาที่มีความหลากหลาย และสีสันของสื่อ ช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน และการเชื่อมโยงเนื้อหาจากง่ายไปยากทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ได้ง่าย นอกจากนี้ ความหลากหลายของกิจกรรมที่ให้โอกาสมีส่วนร่วมในการเรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ตามความต้องการของแต่ละบุคคล การใช้สื่อมัลติมีเดียจะช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จากประสาทสัมผัสที่ผสมผสาน และได้ค้นพบวิธีการที่จะเรียนในสิ่งที่ต้องการด้วยตัวเองมากยิ่งขึ้น และที่สำคัญ สื่อแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป แต่ที่แน่นอนคือสื่อมัลติมีเดียย่อมช่วยให้การเรียนรู้เกิดประสิทธิภาพมากกว่าสื่อประเภทเดียว

นอกจากนี้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ยังมีคุณสมบัติการให้ผลป้อนกลับในทันที ซึ่งเป็นอีกคุณลักษณะหนึ่งที่โดดเด่นของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ผู้เรียนสามารถตรวจสอบผลการเรียนของตัวเอง ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจ ในบทเรียนให้ถูกต้องยิ่งขึ้น รวมทั้งเป็นการเสริมแรงให้เกิดพลังในการเรียน อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้อย่างดี

จากคุณลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียดังกล่าว จึงทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ผลของการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ระดับปริญญาตรี พบว่า คะแนนก่อนเรียนและหลังการเรียนมี ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบหลังเรียน ($\overline{X}$ = 12.85) สูงกว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียน ($\overline{X}$ = 5.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่าคะแนนที่ได้จากการทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนัฏตา สินธนพงศ์ (2552 : 69) ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล (2551 : บทคัดย่อ) นายจิระ หนูบรรจง (2550 : 55) พิทักษ์ ถาวรวงษ์ (2551 : 75 - 76) เสถียร พิริยะสุรวงศ์ (2549 : 41 - 42) สำหรับผลการวิจัยเป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีคุณภาพดี สามารถนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้ อีกทั้งในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลทางการศึกษา วัดผลการเรียนก่อนนำไปหาค่าความเชื่อมั่น ตามกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับ โดยมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ 8.2 นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น มีระบบทั้งภาพและเสียง มีการเชื่อมโยงเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย สะดวก ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ ตั้งใจในการเรียนเพิ่มขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสถียร พิริยะสุรวงศ์ (2549 : 41 - 42) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา พ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546) ผลการวิจัยปรากฏว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.52/80.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ที่ระดับ .01 และยังสอดคล้องกับ ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล (2551 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง บทที่ 1 - 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัย ครั้งนี้ปรากฏว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 และหลังจากเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยให้ นักศึกษามีความรู้เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการสร้างและพัฒนาอย่างเป็นระบบและผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนสูงขึ้น

3. ผลการประเมินความก้าวหน้าของการเรียนของผู้เรียนโดยใช้วิธี Normalized gain ในการศึกษาผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain (Hake,1998) จากการเรียนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีค่าความก้าวหน้า = 0.77 มีความก้าวหน้าทางการเรียน ในระดับสูง (<g> = 0.77) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร เป็นบทเรียนที่มีการเรียนการสอนดึงดูดความสนใจโดยใช้ภาพและเสียง และระบบมัลติมีเดียมีการสอดแทรกกิจกรรมระหว่างเรียนทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย เมื่อผู้เรียนคนใดยังไม่เข้าใจเรื่องราวในเนื้อหาได้ดีผู้เรียนสามารถกลับไปศึกษาหาความรู้ให้เกิดความชำนาญได้ และยังสามารถทำกิจกรรมที่มีอยู่ในบทเรียนได้หลาย ๆ ครั้งจนเกิดความชำนาญทำให้มีผลความก้าวหน้าสูง สอดคล้องกับ ศศิธร ชูแก้ว (2554 : บทคัดย่อ) การเรียนรู้เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา เป็นเรื่องที่สำคัญของนักศึกษาและบุคลากรทางการศึกษา งานวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างสื่อมัลติมีเดีย เรื่องการประกันคุณภาพศึกษาภายในสถานศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ต้องการศึกษาสามารถศึกษาด้วยตนเอง และทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวมากขึ้น ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนมัลติมีเดียเรื่อง การประกันคุณภาพการศึกษาภายใน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) เท่ากับ 0.62 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีกระบวนการเรียนอย่างเป็นระบบทำให้มีผลความก้าวหน้าของการเรียนสูงขึ้น

4. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน โดยเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร มีค่าเฉลี่ย

ความพึงพอใจ ($\overline{X}$) = 4.8 และค่า S.D. = 0.49 ค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยในด้านความสนใจของผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุด คือ ($\overline{X}$) = 4.84 และค่า S.D. = 0.4 อยู่ในค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด และด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ ($\overline{X}$) = 4.72 และค่า S.D. = 0.51 อยู่ในค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด และด้านการออกแบบมีค่า ($\overline{X}$) = 4.64 และค่า S.D. = 0.57 อยู่ในค่าระดับความพึงพอใจมากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะ ผู้เรียนมีความพึงพอใจในการเรียนในรูปแบบการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งเป็นการลดแรงกดดันในการเรียน ผู้เรียนสามารถศึกษาที่บทเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนเป็นอย่างดีเมื่อดูจากผลการประเมินหลังจากการเรียน อีกทั้งนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการที่ได้ศึกษาจากระบบการเรียนที่เป็นแบบมัลติมีเดีย โดยนำเนื้อหาที่เข้าใจยาก มาแสดงให้เห็นเป็นรูปธรรม นักเรียนสามารถร่วมกิจกรรมโดยมีปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ อีกทั้งระบบคอมพิวเตอร์ยังแจ้งผลการทำข้อสอบหรือกิจกรรมที่ผู้เรียน ทำได้รับทราบทันที เป็นการกระตุ้นผู้เรียนอยากจะใช้ความสามารถในการเรียน ในเรื่องต่อไป ส่งผลทำให้ผลการเรียนของผู้เรียนดีขึ้นเรื่อย ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศศิธร ชูแก้ว (2554 : บทคัดย่อ) การเรียนรู้เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษาภายในสถานศึกษา เป็นเรื่องที่สำคัญของนักศึกษาและบุคลากรทางการศึกษา มีความก้าวหน้าทางการเรียน (normalized gain) เท่ากับ 0.62 และมีระดับค่าความพึงพอใจเท่ากับ 4.52 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

(1) ผู้สอนวิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ระดับปริญญาตรี ควรนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้นไปใช้ประกอบการเรียน การสอน โดยผู้สอนจะเป็นผู้แนะนำวิธีการใช้บทเรียนและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ อันจะทำให้ผู้เรียนสามารถรู้ผ่านบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างได้ผล

(2) สำหรับผู้เรียน การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียที่สร้างขึ้นไปใช้ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนควรศึกษาวัตถุประสงค์ของบทเรียนและวิธีการเรียนให้เข้าใจเสียก่อน และควรทำแบบทดสอบความรู้ตามที่กำหนดทุกครั้ง เพื่อให้สามารถประเมินผลของการเรียนของตนเองได้

(3) เมื่อสิ้นสุดการเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียแล้ว ควรให้ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้รับ และการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

(1) สำหรับการพัฒนาและการวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย การวิจัยควรมีการสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักศึกษาด้วย และมีแบบสอบถามแบบปลายเปิดเพื่อให้นักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียได้แสดงความคิดเห็นจากการเรียนด้วย

(2) ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการสอนในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การสอนแบบแก้ปัญหา (Problem-Base Learning) การสอนแบบร่วมมือกัน (Co-operative Learning) เป็นต้น

(3) ควรมีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย ในวิชาอื่น ๆ ที่มีความซับซ้อน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่ายและชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการ. (2545). **สื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

———— . (2545). **หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544**. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.

กิดานันท์ มลิทอง. (2540 : 227). **เทคโนโลยีทางการศึกษาและนวัตกรรม**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

กัญญาลักษณ์ นุชประยูร. (2550). **การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องวงจรขยายค่าความนำถ่ายโอน ระดับปริญญาตรี**. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

จิระ หนูบรรจง. (2550). **การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องหลักการผลิตรายการวีดิทัศน์การศึกษา** ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชนัฏตา สินธนพงศ์. (2552). **การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องภาพตัด** (section view). ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

ชำนาญ ห่อเกียรติ. **เทคนิคการส่องสว่าง**. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มปพ.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). **เทคโนโลยีการศึกษาและทฤษฎีและการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

ถนอมพร เลาจรัสแสง. (2541). **คอมพิวเตอร์ช่วยสอน**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนวัฒน์ ฉลาดสกุล. (2551). **การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง บทที่** 1-2 . แผนกวิจัยและการฝึกอบรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ธีระ ดิษยรัตน์. (2546). **การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย เรื่องโลกและดวงดาว**. ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยบูราพา.

ประเสริฐ ชุมปัญญา. (2549). **การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการทดสอบแรงดึง**. แผนกวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล พระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ.

ปริยทิพย์ บุญคง. (2546). **การศึกษาปัจจัยบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 1. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พรเทพ เมืองแมน. (2544). **การออกแบบและพัฒนา** CAI Multimedia **ด้วย** Authorware. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. (2555). **เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา**. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : http://www.moe.go.th/main2/plan/p-r-b42-01.htm#0, 28 มิถุนายน 2555.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

พิทักษ์ ถาวรวงษ์ (2551). **การสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชางานบริการและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ**. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พูลศรี เวศย์อุฬาร. (ตุลาคม 2547). “**การพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการศึกษา (ตอนที่** 1)” วารสารครู, (10) : 68 – 70

———. (พฤศจิกายน 2547). “**การพัฒนามัลติมีเดียเพื่อการศึกษา (ต่อจากฉบับที่** 10)” วารสารครู, 1 (11) : 68 – 71

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูลย์ เกียรติโกมล และเสกสรร แย้มพินิจ. (2546). **การออกแบบและการผลิตบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนสำหรับ** e-Learning. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ไพโรจน์ เบาใจ. (2547). (ประจำปีการศึกษา 2547.) "**การวิจัยและการพัฒนาสื่อการสอน**" วารสารเทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา, 11(1) : 45-50

ไพศาล หวังพานิช. (2536). **วิธีการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร : งานส่งเสริมวิจัยและตำรากองบริหารการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

รุจโรจน์ แก้วอุไร. (2550). **หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของกาเย่** ภาควิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตีพิมพ์ใน www.fms.nrru.ac.th สืบค้น วันที่ 10 ตุลาคม 2550

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สุวีริยาสาส์น.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2544). **การวิจัยการศึกษาปฐมวัย**. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

———. (2546). **การวิจัยในชั้นเรียน**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ศศิธร ชูแก้ว. (2554). **การใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่องการประกันคุณภาพการศึกษา** วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2541).**พฤติกรรมผู้บริโภค**. กรุงเทพมหานคร : ธีรฟิล์ม และไซเทกซ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). **การวัดผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กาฬสินธุ์ : ประสานการพิมพ์.

สมศักดิ์ คงเที่ยงและอัญชลี โพธิ์ทอง, **การบริหารบุคลากรและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์**, กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2542.

สุดาวรรณ เครือพานิช. (2551). **การพัฒนากลไกสังคมในการสร้างเสริมความเข้มแข็งของกลุ่มที่ดำเนินโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์**. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุปราณี นฤนาทนโรดม. (2548). "ครูสร้างสรรค์".**วารสารข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา**, 25 (3) : 7.

เสถียร พิริยะสุรวงศ์. (2549). **การสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชา วงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาพ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2546)**. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อำไพ เกียรติชัย และคนอื่น ๆ . (2546). **การศึกษาอิสระ Independent Study**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อุ้มบุญ สิงห์อัศวิน. (2550). **การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองจากนโยบายสู่ความเป็นจริง**. บทความ สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ปีที่ 10 ฉบับ 4 (ตุลาคม-ธันวาคม, 2550) หน้า 2 - 8.

Mullins, L.J., **Management and organizational behaviour**, London : Pitman Publishing, 1985.

Vergas, J.S. (2005). **Briefbiography of B.F. skinner**. (Online) Sources : http://www.bfskinner/index.asp (Accessed 18th June, 2012)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- **รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านเนื้อหา**
- **รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ)**
- **รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร**

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านเนื้อหา

1. **นายธนิต บุญใส**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปทุมธานี

วิทยฐานะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

2. **นายสุเมธ เทศสกุล**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปทุมธานี

วิทยฐานะ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. **นายสมเกียรติ ทองแก้ว**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
นนทบุรี

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ)

1. **นางอัญชุลี วงษ์บุญงาม**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการโฆษณาและประชาสัมพันธ์
คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

2. **นายณัฐภณ สุเมธอธิคม**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย
คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

3. **นางดารณี ธัญญสิริ**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการโทรทัศน์และ
วิทยุกระจายเสียง
คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

1. **นายวิทร วิภาหัสน์**

ตำแหน่ง อาจารย์พิเศษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ รองศาสตราจารย์

2. **นายรณรงค์ ตั้งตระกูล**

ตำแหน่ง อาจารย์พิเศษ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

3. **นางสาววรดานันท์ เหมนิธิ**

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร

วิทยฐานะ อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชา วิศวกรรม แสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
- แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชา วิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (ค่า IOC)
- แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่อง การออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

ชื่อผู้ประเมิน.....ตำแหน่ง.....หน่วยงาน.....

โปรดทำเครื่อง ✓ ในช่องตรงกับความคิดเห็นของท่านโดยพิจารณากับเกณฑ์ที่กำหนดให้

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพต่ำ

1 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมาก

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
1. ด้านเนื้อหา และการดำเนินเรื่อง					
- ความถูกต้องของเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมในการเข้าสู่เนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาและเวลา	.....	.....	.....	.....	.....
2. ด้านภาษา					
- ความเหมาะสมของภาษากับระดับผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
- ความถูกต้องของภาษาที่ใช้	.....	.....	.....	.....	.....
- ความถูกต้องระหว่างภาพกับคำบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
3. ด้านแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ					
- ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของจำนวนแบบทดสอบ	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	.....
- จัดเนื้อหาได้ตรงตามจุดมุ่งหมายการเรียน	.....	.....	.....	.....	.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชา วิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

ชื่อผู้ประเมิน.....ตำแหน่ง.....หน่วยงาน.....

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องตรงกับความคิดเห็นของท่านโดยพิจารณากับเกณฑ์ที่กำหนดให้

5 หมายถึง มีคุณภาพดีมาก

4 หมายถึง มีคุณภาพดี

3 หมายถึง มีคุณภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีคุณภาพต่ำ

1 หมายถึง มีคุณภาพต่ำมาก

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**				
	ดีมาก (5)	**ดี** (4)	**ปานกลาง** (3)	**พอใช้** (2)	**ควรปรับปรุง** (1)
1. ส่วนประกอบทั่วไปของบทเรียน					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
- การออกแบบหน้าจอและเมนูมีความสวยงาม	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสมบูรณ์ของบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอ	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสะดวกในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	.....	.....	.....	.....	.....
2. ด้านคุณภาพของเสียง					
- ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสอดคล้องระหว่างเสียงบรรยายกับเนื้อหา	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของเสียงดนตรีและเสียงประกอบ	.....	.....	.....	.....	.....
- การใช้เสียงเร้าใจได้อย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....

(ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก (5)	ดี (4)	ปานกลาง (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
3. การใช้รูปภาพและกราฟิก					
- ความชัดเจนของภาพ	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของการใช้รูปภาพและกราฟิก	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพกับคำบรรยาย	.....	.....	.....	.....	.....
- การเร้าความสนใจของรูปภาพ	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสมดุลในการจัดวางรูปภาพกับจอ	.....	.....	.....	.....	.....
4. ด้านตัวอักษร					
- ความถูกต้องข้อความตามหลักภาษา	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรกับจอ	.....	.....	.....	.....	.....
- รูปแบบของตัวอักษรชัดเจนและอ่านง่าย	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของสีตัวอักษรและพื้น	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเด่นชัดของหัวข้อและที่เน้นข้อความสำคัญ	.....	.....	.....	.....	.....
5. ด้านปฏิสัมพันธ์					
- ความเหมาะสมของสัญญาณเสียงที่ใช้	.....	.....	.....	.....	.....
- ความเหมาะสมของกราฟิกเสียงที่ใช้	.....	.....	.....	.....	.....
- เปิดโอกาสให้ผู้เรียนโต้ตอบกับบทเรียน	.....	.....	.....	.....	.....
- รูปแบบการโต้ตอบกับบทเรียนเป็นมาตรฐานเดียวกัน	.....	.....	.....	.....	.....
- ให้ผลย้อนกลับและเสริมแรงอย่างเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	.....
- ความสะดวกในวิธีการรายงานผลคะแนนให้ผู้เรียนทราบ	.....	.....	.....	.....	.....

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

<u>คำชี้แจง</u>

1. **แบบทดสอบนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน**
2. **ให้นักศึกษาตอบโดยทำเครื่องหมาย × ลงใน ☐ ของตัวเลือกในกระดาษคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุด**

1.พลังงานแสงที่สามารถมองเห็นได้มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ระหว่างเท่าไร

ก. 340-720 นาโนเมตร

ข. 380-760 นาโนเมตร

ค. 360-780 นาโนเมตร

ง. 380-770 นาโนเมตร

2. ข้อใด ไม่ใช่ แม่สีของแสง

ก. สีเขียว

ข. สีแดง

ค. สีน้ำเงิน

ง. สีเหลือง

3. ความสว่าง (Luminance) มีความหมายตามข้อใด

ก. แสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง

ข. ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ

ค. พลังงานที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง

ง. ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงไปยังพื้นที่ผิว

4. ฟลักซ์ส่องสว่างมีสัญลักษณ์ตามข้อใด

ก. ω ข. E

ค. Ø ง. L

5. แสงบาดตา (Glare) หมายถึงข้อใด

ก. แสงที่มีความสว่างมากเป็นพิเศษ

ข. แสงที่ตกลงวัตถุมีความสว่างมาก

ค. แสงจากดวงอาทิตย์ที่มีพลังงานมาก

ง. แสงที่เข้าตาทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือไม่เห็นเลย

6. หลอดทังสเตนจัดอยู่ในหลอดตระกูลใด

ก. หลอดไส้

ข. หลอดโซเดียม

ค. หลอดฟลูออเรสเซนต์

ง. หลอดปล่อยประจุความเข้มสูง

7. หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) เป็นหลอดประเภทใด

ก. หลอดความเย็นแรงดันต่ำ

ข. หลอดที่ใช้หลักการเผาไส้หลอดให้ร้อน

ค. หลอดที่ใช้หลักการคลายประจุในก๊าซ

ง. หลอดผสมเอาหลอดไส้และหลอดไอปรอท

8. ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ที่อยู่ในหลอดไส้เป็นส่วนผสมของก๊าซชนิดใด

ก. ก๊าซไนโตรเจนและออกซิเจน

ข. ก๊าซไนโตรเจนและก๊าซอาร์กอน

ค. ก๊าซอาร์กอนและไฮโดรเจน

ง. ก๊าซอาร์กอนและออกซิเจน

9. หลอดตะเกียบ หมายถึงหลอดชนิดใด

ก. หลอดเมทัลฮาไลด์

ข. หลอดโซเดียมความดันต่ำ

ค. หลอดไอปรอทความดันสูง

ง. หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์

10. หลอดเมทัลฮาไลด์ กับหลอดแสงจันทร์ แตกต่างกันอย่างไร

ก. ตัวหลอดอาร์กจะมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบวัตต์เท่ากัน

ข. ตัวหลอดอาร์กจะมีขนาดใหญ่และวัตต์มากกว่า

ค. ตัวหลอดอาร์กจะมีขนาดใหญ่กว่าแต่วัตต์น้อยกว่า

ง. ตัวหลอดอาร์กจะมีขนาดเล็กกว่าแต่วัตต์น้อยกว่า

11. ปัจจัยแรกที่ควรพิจารณาในการเลือกโคมไฟฟ้าคือข้อใด

ก. อายุการใช้งาน

ข. แสงบาดตาของโคม

ค. ความปลอดภัยของโคม

ง. ประสิทธิภาพของโคมไฟฟ้า

12. โคมฟลูออเรสเซนต์เปลือย (Bare Type Luminaires) ควรติดตั้งสถานที่ใด

ก. ห้องครัว

ข. ห้องน้ำ

ค. ห้องนั่งเล่น

ง. พื้นที่ที่มีชั้นวางของ

13. โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีการติดตั้งหลอดแบบใด

ก. ในแนวตั้ง

ข. แนวนอน

ค. ในแนวดิ่ง

ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

14. โคมไฟชนิดใดเหมาะสำหรับงานส่องเน้นสถาปัตยกรรมตัวอาคาร

ก. โคมไฟสาด

ข. โคมไฟส่องลง

ค. โคมไฟส่องขึ้น

ง. โคมฟลูออเรสเซนต์

15. โคมไฟฟ้าชนิดใดใช้กับงานที่มีความส่องสว่างสูง หรือบริเวณที่เพดานสูง

ก. โคมไฟสาด

ข. โคมไฟส่องขึ้น

ค. โคมฟลูออเรสเซนต์

ง. โคมไฟส่องลงหลอดปล่อยประจุความเข้มสูง

.....

ตาราง ข.1 เฉลยแบบทดสอบ

ข้อที่	เฉลยข้อสอบ	ข้อที่	เฉลยข้อสอบ	ข้อที่	เฉลยข้อสอบ
1	ข	6	ก	11	ค
2	ง	7	ข	12	ง
3	ข	8	ข	13	ง
4	ก	9	ง	14	ก
5	ง	10	ก	15	ง

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

<u>คำชี้แจง</u> ขอให้ท่านพิจารณาข้อสอบว่าวัดตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือไม่ และโปรดระบุผลการพิจารณาข้อสอบแต่ละข้อ

+1 หมายถึง มีความแน่ใจว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

0 หมายถึง มีความแน่ใจว่าไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

จุดประสงค์	ข้อสอบ	คะแนนความสอดคล้อง (IOC)		
		+1	0	-1
1. ธรรมชาติของแสง หน่วยและศัพท์ของแสง	1.พลังงานแสงที่สามารถมองเห็นได้มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ที่ระหว่างเท่าไร			
	2. ข้อใด ไม่ใช่ แม่สีของแสง			
	3. ความสว่าง (Luminance) มีความหมายตามข้อใด			
	4. ฟลักซ์ส่องสว่างมีสัญลักษณ์ตามข้อใด			
	5. แสงบาดตา (Glare) หมายถึงข้อใด			
2. หลอดไฟฟ้า	6. หลอดทังสเตนจัดอยู่ในหลอดตระกูลใด			
	7. หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) เป็นหลอดประเภทใด			
	8. ก๊าซเฉื่อย (Inert Gas) ที่อยู่ในหลอดไส้เป็นส่วนผสมของก๊าซชนิดใด			
	9. หลอดตะเกียบ หมายถึงหลอดชนิดใด			
	10. หลอดเมทัลฮาไลด์ กับหลอดแสงจันทร์ แตกต่างกันอย่างไร			
3. โคมไฟฟ้า	11. ปัจจัยแรกที่ควรพิจารณาในการเลือกโคมไฟฟ้าคือข้อใด			
	12. โคมฟลูออเรสเซนต์เปลือย(Bare Type Luminaires) ควรติดตั้งสถานที่ใด			
	13. โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์มีการติดตั้งหลอดแบบใด			
	14. โคมไฟชนิดใดเหมาะสำหรับงานส่องเน้นสถาปัตยกรรมตัวอาคาร			
	15. โคมไฟฟ้าชนิดใดใช้กับงานที่มีความส่องสว่างสูง หรือบริเวณที่เพดานสูง			

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับความเห็นของนักเรียน

5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
4 หมายถึง พึงพอใจมาก
3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
2 หมายถึง พึงพอใจน้อย
1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

รายการ	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
ด้านความน่าสนใจของสื่อ					
1. ผู้เรียนมีความชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน					
2. ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน					
3. ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชามากขึ้น					
ด้านเนื้อหา					
4. เนื้อหาวิชาสอดคล้อง ครอบคลุมวัตถุประสงค์					
5. เนื้อหามีความถูกต้อง					
6. การเรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม					
7. อธิบายเนื้อหาง่ายต่อการเข้าใจ มีความชัดเจน					
ด้านการออกแบบ					
8. สีที่ใช้ประกอบในเนื้อหามีความเหมาะสม					
9. ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสม					
10. ภาพที่ใช้ประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา					
11. เสียงที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง					
12. ข้อความลิงค์วางตำแหน่งได้เหมาะสม					

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

- แสดงค่า IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน
- รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ) ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน
- รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 1
- รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 2
- รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 3
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ EVANA 4.0
- ผลการวิเคราะห์รายฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder - Richhardson) กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ EVANA 4.0
- ข้อมูลและการวิเคราะห์หาค่า เฉลี่ย $\overline{X}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. ของการทดสอบก่อนและหลังเรียน
- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนหาค่า t – test
- ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับนักเรียน) p หมายถึง รายการประเมินข้อที่
- ผลการประเมินความพึงพอใจจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ตารางที่ ค.1 แสดงค่า IOC ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวมคะแนน	IOC	ผลการวิเคราะห์
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
4	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
7	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ใช้ได้
13	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้
14	1	+1	+1	+1	+1	4	1	ใช้ได้
15	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ใช้ได้

ตารางที่ ค.2 รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญ ด้านเนื้อหา ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

เรื่องที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ				ระดับความคิดเห็น
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	ค่าเฉลี่ย	
1. ด้านเนื้อหา และการดำเนินเรื่อง					
- ความถูกต้องของเนื้อหา	5	5	4	4.66	ดีมาก
- เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมในการเข้าสู่เนื้อหา	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมระหว่างเนื้อหาและเวลา	4	4	5	4.33	ดี
รวมค่าเฉลี่ยด้านเนื้อหา และการดำเนินเรื่อง				**4.75**	**ดีมาก**
2. ด้านภาษา					
- ความเหมาะสมของภาษากับระดับผู้เรียน	4	5	4	4.33	ดี
- ความถูกต้องของภาษา	5	4	5	4.66	ดีมาก
- ความเหมาะสมของคำบรรยาย	5	4	4	4.33	ดี
รวมค่าเฉลี่ยด้านภาษา				**4.44**	**ดี**
3. ด้านแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ					
- ความเหมาะสมของจำนวนกิจกรรมและแบบฝึกหัด	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมของจำนวนแบบทดสอบ	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	4.66	ดีมาก
- จัดเนื้อหาได้ตรงตามจุดมุ่งหมายการเรียน	5	4	5	4.66	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยด้านแบบฝึกหัดและแบบทดสอบ				**4.83**	**ดีมาก**

ตารางที่ ค.3 รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ) ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

เรื่องที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ				ระดับความคิดเห็น
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	ค่าเฉลี่ย	
1. ส่วนประกอบทั่วไปของบทเรียน					
- ความเหมาะสมในการนำเข้าบทเรียน	5	5	5	5	ดีมาก
- การออกแบบหน้าจอและเมนูมีความสวยงาม	5	5	5	5	ดีมาก
- ความสมบรูณ์ของบทเรียน	5	4	5	4.66	ดีมาก
- ความเหมาะสมของเทคนิคการนำเสนอ	5	5	4	4.66	ดีมาก
- ความสะดวกในการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	5	5	4	4.66	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยส่วนประกอบทั่วไปของบทเรียน				**4.80**	**ดีมาก**
2. ด้านคุณภาพของเสียง					
- ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4	4	5	4.33	ดี
- ความสอดคล้องระหว่างเสียงบรรยายกับเนื้อหา	5	4	5	4.66	ดีมาก
- ความเหมาะสมของเสียงดนตรีและเสียงประกอบ	5	5	4	4.66	ดีมาก
- การใช้เสียงเร้าใจได้อย่างเหมาะสม	5	4	4	4.33	ดี
รวมค่าเฉลี่ยด้านคุณภาพของเสียง				**4.50**	**ดีมาก**
3. การใช้รูปภาพและกราฟิก					
- ความชัดเจนของภาพ	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมของการใช้รูปภาพและกราฟิก	5	5	5	5	ดีมาก
- ความสัมพันธ์ระหว่างรูปภาพกับคำบรรยาย	5	5	5	5	ดีมาก
- การเร้าความสนใจของรูปภาพ	5	5	4	4.66	ดีมาก
- ความสมดุลในการจัดวางรูปภาพกับจอ	4	5	5	4.66	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยการใช้รูปภาพและกราฟิก				**4.86**	**ดีมาก**

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) รายละเอียดผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านมัลติมีเดีย (ด้านสื่อ) ของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

เรื่องที่ประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ				ระดับความคิดเห็น
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	ค่าเฉลี่ย	
4. ด้านตัวอักษร					
- ความถูกต้องข้อความตามหลักภาษา	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรกับจอ	5	4	5	4.66	ดีมาก
- รูปแบบของตัวอักษรชัดเจนและอ่านง่าย	5	5	5	5	ดีมาก
- ความเหมาะสมของสีตัวอักษรและพื้น	4	5	5	4.66	ดีมาก
- ความเด่นชัดของหัวข้อและที่เน้นข้อความสำคัญ	4	5	4	4.33	ดี
รวมค่าเฉลี่ยด้านตัวอักษร				**4.73**	**ดีมาก**
5. ด้านปฏิสัมพันธ์					
- ความเหมาะสมของสัญญาณเสียงที่ใช้	4	5	4	4.33	ดี
- ความเหมาะสมของกราฟิกเสียงที่ใช้	4	4	5	4.33	ดี
- เปิดโอกาสให้ผู้เรียนโต้ตอบกับบทเรียน	5	5	5	5	ดีมาก
- รูปแบบการโต้ตอบกับบทเรียนเป็นมาตรฐานเดียวกัน	5	4	4	4.33	ดี
- ให้ผลย้อนกลับและเสริมแรงอย่างเหมาะสม	4	5	5	4.66	ดีมาก
- ความสะดวกในวิธีการรายงานผลคะแนนให้ผู้เรียนทราบ	5	5	5	5	ดีมาก
รวมค่าเฉลี่ยด้านปฏิสัมพันธ์				**4.60**	**ดีมาก**

ตารางที่ ค.4 รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 1

นักศึกษา คนที่	**คะแนน แบบฝึกหัด 15 คะแนน**	E_1	**คะแนน แบบทดสอบ หลังเรียน 15 คะแนน**	E_2
1	10	66.67	12	80.00
2	12	80	12	80.00
3	14	93.33	14	93.33
$\sum X$	36		38	
$\overline{X}$	12	80	12.67	84.44

ตารางที่ ค.5 รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 2

นักศึกษา คนที่	**คะแนน แบบฝึกหัด 15 คะแนน**	E_1	**คะแนน แบบทดสอบ หลังเรียน 15 คะแนน**	E_2
1	11	73.33	12	80.00
2	12	80.00	12	80.00
3	11	73.33	14	93.33
4	14	93.33	13	86.67
5	13	86.67	14	93.33
6	13	86.67	15	100.00
7	15	100.00	15	100.00
$\sum X$	89		95	
$\overline{X}$	12.71	84.76	13.57	90.48

ตารางที่ ค.6 รายละเอียดการทดลองหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ครั้งที่ 3

นักศึกษา คนที่	**คะแนน แบบฝึกหัด 15 คะแนน**	E_1	**คะแนน แบบทดสอบ หลังเรียน 15 คะแนน**	E_2
1	12	80.00	12	80.00
2	11	73.33	12	80.00
3	13	86.67	12	80.00
4	10	66.67	14	93.33
5	9	60.00	14	93.33
6	13	86.67	14	93.33
7	9	60.00	12	80.00
8	13	86.67	13	86.67
9	14	93.33	14	93.33
10	15	100.00	14	93.33
11	15	100.00	15	100.00
12	13	86.67	14	93.33
13	12	80.00	13	86.67
14	14	93.33	14	93.33
15	14	93.33	14	93.33
16	14	93.33	14	93.33
17	12	80.00	14	93.33
18	10	66.67	14	93.33
19	14	93.33	13	86.67
20	14	93.33	12	80.00
$\sum X$	251		268	
$\overline{X}$	12.55	83.67	13.40	89.33

ตารางที่ ค.7 ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปในการวิเคราะห์ EVANA 4.0

ข้อที่	R_H	R_L	P	r	ข้อที่	R_H	R_L	P	r
1	7	5	0.75	0.25	16*	6	2	0.50	0.50
2*	8	3	0..69	0.63	17*	6	3	0.56	0.38
3*	7	2	0.56	0.63	18*	6	3	0.56	0.38
4*	7	5	0.75	0.25	19*	7	2	0.56	0.63
5*	8	3	0.69	0.63	20	6	3	0.56	0.38
6	6	3	0.56	0.38	21*	8	3	0.69	0.63
7*	6	2	0.50	0.50	22*	6	4	0.63	0.25
8*	8	4	0.75	0.50	23	6	1	0.44	0.63
9*	7	3	0.63	0.50	24*	5	1	0.38	0.50
10	6	4	0.63	0.25	25	7	2	0.56	0.63
11	5	3	0.50	0.25	26	6	3	0.56	0.38
12*	8	2	0.63	0.75	27*	7	2	0.56	0.63
13*	5	2	0.44	0.38	28*	7	2	0.56	0.63
14*	7	4	0.69	0.38	29	8	2	0.63	0.75
15*	7	3	0.63	0.50	30*	8	3	0.69	0.63

หมายเหตุ ข้อสอบที่มีเครื่องหมาย * คือข้อสอบที่คัดไปใส่ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย

ตารางที่ ค.8 ผลการวิเคราะห์รายฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder - Richhardson) กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ จากการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ EVANA 4.0

รายการ	แสดงค่า
จำนวนข้อสอบ	30 ข้อ
จำนวนกระดาษคำตอบ	30
คะแนนเฉลี่ย	16.84
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	5.87
ความเชื่อมั่น KR-20	0.8309
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	2.41

ตารางที่ ค.9 ข้อมูลและการวิเคราะห์หาค่า เฉลี่ย $\overline{X}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. ของการทดสอบก่อนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนทดสอบก่อนเรียน 15 คะแนน		คะแนนทดสอบหลังเรียน 15 คะแนน	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2
1	8	64	15	225
2	7	49	12	144
3	4	16	12	144
4	6	36	13	169
5	6	36	12	144
6	7	49	14	196
7	5	25	12	144
8	4	16	12	144
9	4	16	13	169
10	3	9	12	144
11	4	16	14	196
12	8	64	15	225
13	7	49	13	169
14	7	49	14	196
15	5	25	12	144
16	4	16	13	169
17	4	16	13	169
18	6	36	13	169
19	6	36	14	196
20	6	36	13	169
21	6	36	12	144
22	7	49	14	196
23	7	49	15	225

ตารางที่ ค.9 (ต่อ) ข้อมูลและการวิเคราะห์หาค่า เฉลี่ย $\overline{X}$ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. ของการทดสอบก่อนและหลังเรียน

คนที่	**คะแนนทดสอบก่อนเรียน 15 คะแนน**		**คะแนนทดสอบหลังเรียน 15 คะแนน**	
	X_1	X_1^2	X_2	X_2^2
24	4	16	12	144
25	9	81	15	225
26	4	16	10	100
27	4	16	11	121
28	3	9	10	100
รวม	155	931	360	4680
	$\sum X$ = 155	$\sum X^2$ = 931	$\sum X$ = 360	$\sum X^2$ = 4680
	$\overline{X}$ = 5.54	S.D. 1.64	$\overline{X}$ = 12.68	S.D. 1.38

ตารางที่ ค.10 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนหาค่า t – test

นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ ก่อนเรียน	คะแนนทดสอบ หลังเรียน	ผลต่างของ คะแนน (D)	ผลต่างของ คะแนน (D^2)
1	8	15	7	49
2	7	12	5	25
3	4	12	8	64
4	6	13	7	49
5	6	12	6	36
6	7	14	7	49
7	5	12	7	49
8	4	12	8	64
9	4	13	9	81
10	3	12	9	81
11	4	14	10	100
12	8	15	7	49
13	7	13	6	36
14	7	14	7	49
15	5	12	7	49
16	4	13	9	81
17	4	13	9	81
18	6	13	7	49
19	6	14	8	64
20	6	13	7	49
21	6	12	6	36
22	7	14	7	49
23	7	15	8	64
24	4	12	8	64
25	9	15	6	36

ตารางที่ ค.10 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบก่อนเรียนและหลังเรียนหาค่า t – test

นักเรียน คนที่	คะแนนทดสอบ ก่อนเรียน	คะแนนทดสอบ หลังเรียน	ผลต่างของ คะแนน (D)	ผลต่างของ คะแนน (D^2)
26	4	10	6	36
27	4	11	7	49
28	3	10	7	49
ผลรวม	155	360	D = 205	D^2 = 1537

การคำนวณหาค่า t - test

จากข้อมูลที่ได้ในตารางนำมาวิเคราะห์หาค่า t - test โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

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

เมื่อ $\sum D$ = ผลรวมของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ = ผลรวมของกำลังสองของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

$$t = \frac{205}{\sqrt{\frac{28\times 1537 - (205)^2}{28-1}}}$$

$$t = \frac{205}{\sqrt{\frac{43036 - 42025}{27}}}$$

$$t = \frac{205}{\sqrt{\frac{1011}{27}}}$$

$$t = 33.501$$

เมื่อหาค่า t ที่คำนวณได้ ซึ่งเท่ากับ 33.501 ไปเปรียบเทียบกับค่า t ที่เปิดจากตารางในระดับนัยสำคัญ .05 ที่ df = n-1 = 27 ซึ่งเท่ากับ 1.7033 พบว่าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า แสดงว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

นั่นคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร ทำให้ผู้เรียน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นจริง

ผลการประเมินความก้าวหน้าของการเรียนของผู้เรียนโดยใช้วิธี Normalized gain

ในการศึกษาผลการประเมินผลความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้วิธี Average normalized gain (Hake,1998) ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่อง ความรู้เบื้องต้นในการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร จากการพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียน โดยใช้วิธี Average normalized gain ดังนี้

<g> = (% post–test)-(% Pre-test) / (100 %)-(% Pre-test)

โดยที่ <g> คือ ค่า normalized gain

% Post-test คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์.

% Pre-test คือ ค่าเฉลี่ยนของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

<g> = (85.71%)-(36.90%) / (100 %)-(36.90%)

= 48.81 /63.10

= 0.77

จากผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับสูง (<g> =0.77)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	pre	5.5357	28	1.64389	.31067
	post	12.8571	28	1.38013	.26082

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	pre & post	28	.721	.000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	pre - post	-7.32143	1.15642	.21854	-7.76984	-6.87302	-33.501	27	.000

ตารางที่ ค.11 ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับนักเรียน) p หมายถึง รายการประเมินข้อที่

นักเรียนคนที่	รายการประเมินความพึงพอใจ											
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12
1	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	3
2	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4
3	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4
4	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	4	5	5
6	5	5	5	4	4	4	5	5	3	3	4	5
7	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
9	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
11	5	5	4	5	4	5	3	5	4	5	4	5
12	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5
13	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5
14	4	5	5	4	5	3	5	5	5	3	3	4
15	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5
17	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	5
18	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
19	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
20	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	5	3

ตารางที่ ค.11 (ต่อ) ผลการประเมินความพึงพอใจ (สำหรับนักเรียน) p หมายถึง รายการประเมินข้อที่

นักเรียนคนที่	รายการประเมินความพึงพอใจ											
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p11	p12
21	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
22	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5
23	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5
24	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	4
25	4	5	4	5	5	5	5	4	3	4	5	5
26	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
27	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
28	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4
ค่าเฉลี่ย	4.86	4.86	4.82	4.79	4.82	4.54	4.75	4.64	4.71	4.61	4.61	4.64
S.D.	0.36	0.36	0.48	0.42	0.39	0.64	0.59	0.49	0.60	0.63	0.57	0.56

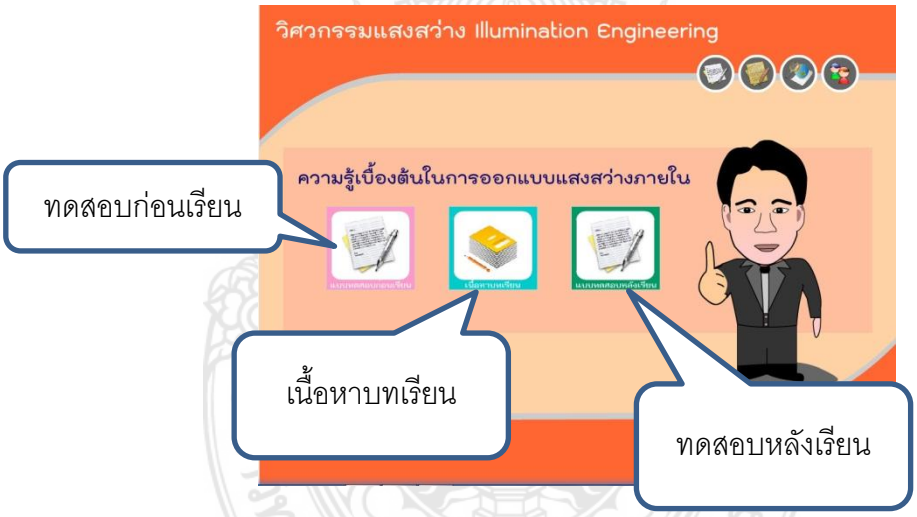
ตารางที่ ค.12 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านความน่าสนใจของสื่อ			
1. ผู้เรียนมีความชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4.86	0.36	มากที่สุด
2. ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.86	0.36	มากที่สุด
3. ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิชามากขึ้น	4.82	0.48	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยความสนใจของผู้เรียน	**4.84**	**0.4**	**มากที่สุด**
ด้านเนื้อหา			
4. เนื้อหาวิชาสอดคล้อง ครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.79	0.42	มากที่สุด
5. เนื้อหามีความถูกต้อง	4.82	0.39	มากที่สุด
6. การเรียงลำดับเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม	4.54	0.64	มากที่สุด
7. อธิบายเนื้อหาง่ายต่อการเข้าใจ มีความชัดเจน	4.75	0.59	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยเนื้อหา	**4.72**	**0.51**	**มากที่สุด**
ด้านการออกแบบ			
8. สีที่ใช้ประกอบในเนื้อหามีความเหมาะสม	4.64	0.49	มากที่สุด
9. ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสม	4.71	0.60	มากที่สุด
10. ภาพที่ใช้ประกอบมีความสอดคล้องกับเนื้อหา	4.61	0.63	มากที่สุด
11. เสียงที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง	4.61	0.57	มากที่สุด
12. ข้อความลิงค์วางตำแหน่งได้เหมาะสม	4.64	0.56	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยการออกแบบ	**4.64**	**0.57**	**มากที่สุด**
ผลรวมเฉลี่ยความพึงพอใจ	**4.8**	**0.49**	**มากที่สุด**

ภาคผนวก ง

- ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดีย วิชาวิศวกรรมแสงสว่าง เรื่องการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร

ตัวอย่างบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบมัลติมีเดีย



ปุ่มและสัญลักษณ์ต่าง ๆ

ปุ่มหน้าหลัก

เมนูหลัก

ออกจากระบบ

จุดประสงค์การสอน

คำอธิบายรายวิชา

ผู้จัดทำ

ปุ่มกลับธรรมชาติและการมองเห็น

ปุ่มกลับหลอดไฟฟ้า

ปุ่มกลับโคมไฟฟ้า

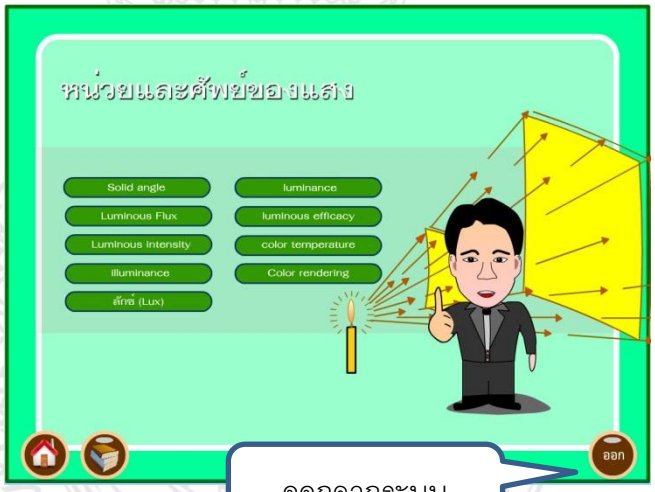
กิจกรรม 1 กิจกรรม 2 กิจกรรม 3 กิจกรรม 4

เมนูกิจกรรม

เมนูเนื้อหาการเรียน

กลับหาเมนูเนื้อหาบทเรียน

เลือกเนื้อหาการเรียน

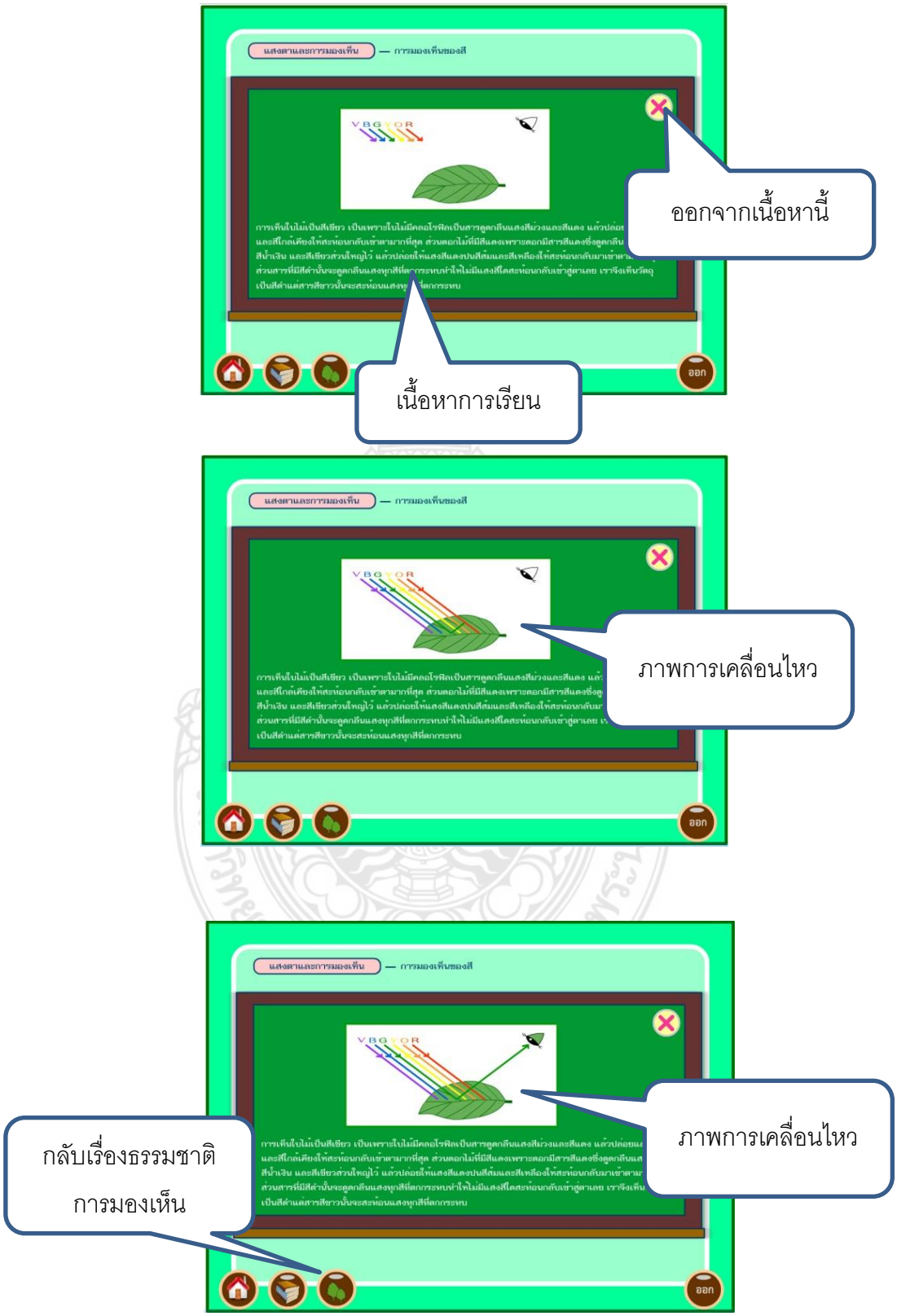


ออกจากระบบ

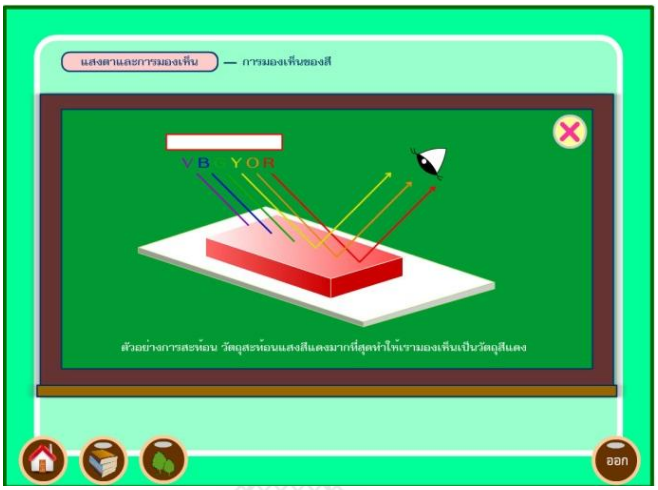
เมนูเนื้อหาการเรียน

เนื้อหาในบทเรียน

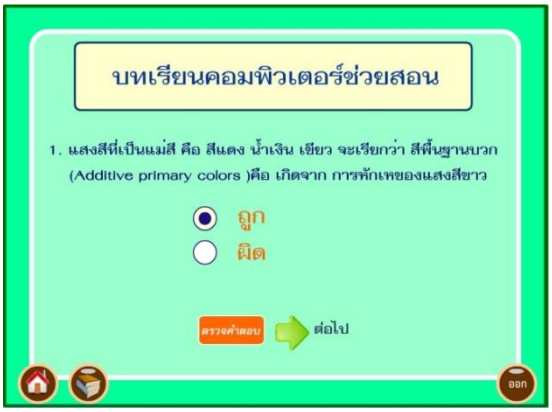
ตัวอย่างบทเรียนเป็นภาพเคลื่อนไหว

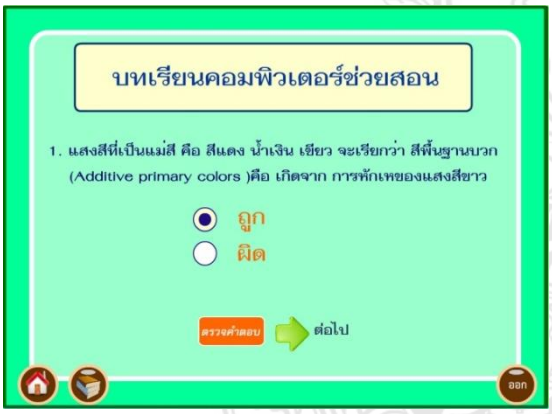


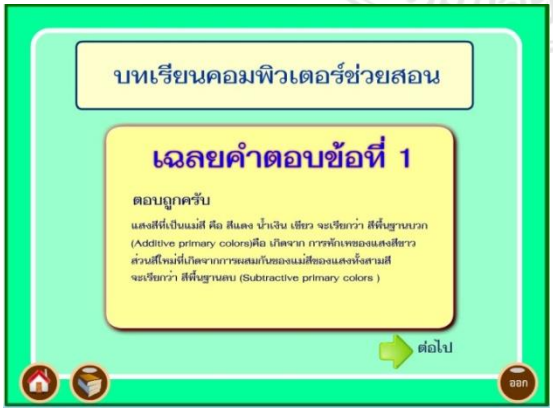
ตัวอย่างบทเรียนเป็นภาพเคลื่อนไหว

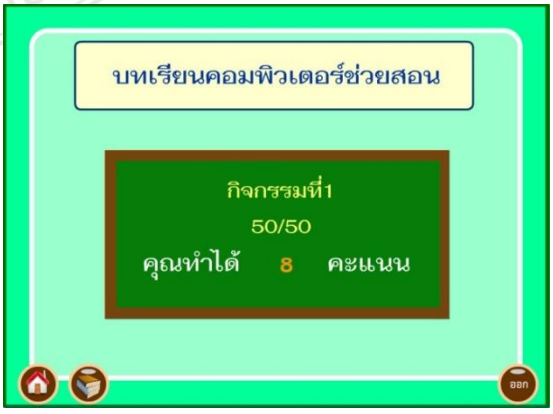


ตัวอย่างกิจกรรมถูกผิด

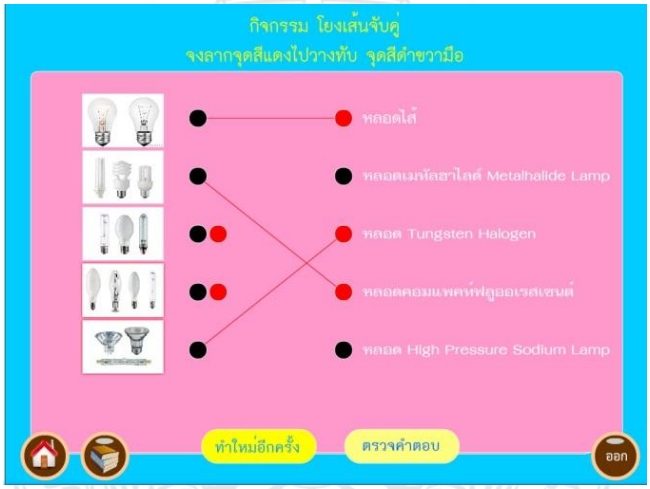


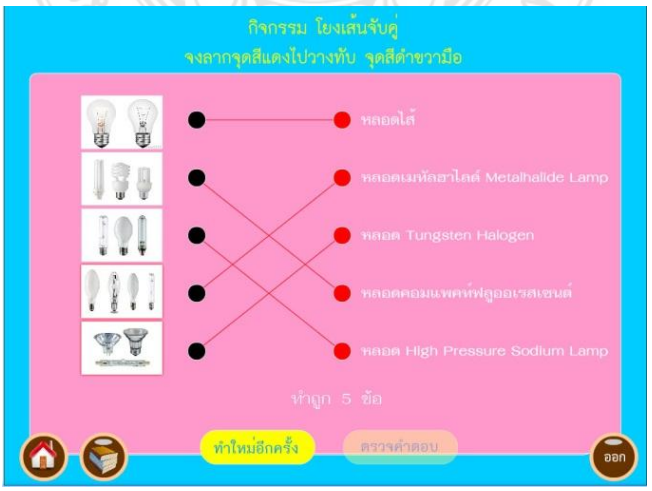






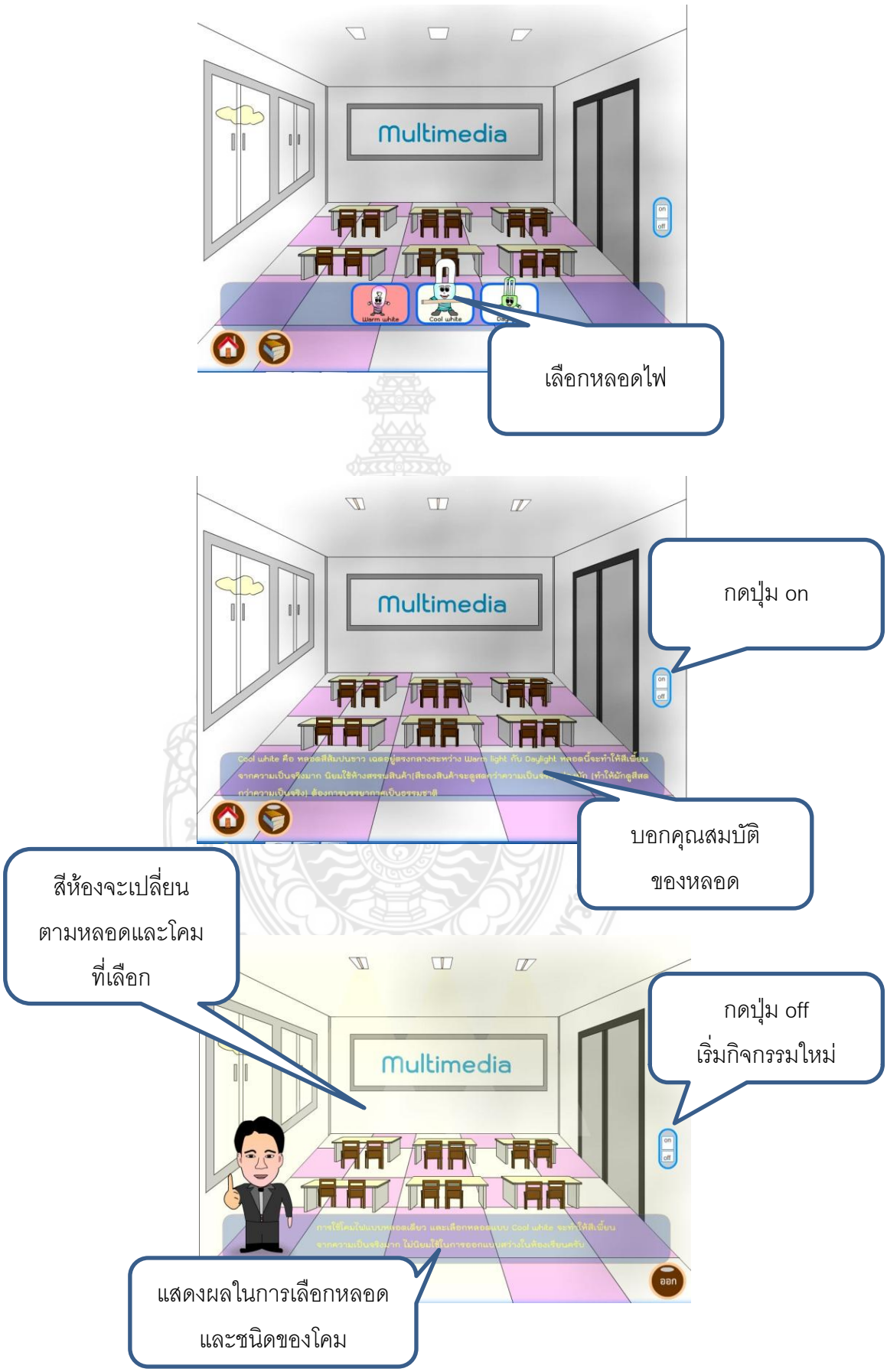
ตัวอย่างกิจกรรมโยงเส้นจับคู่





ตัวอย่างกิจกรรมเลือกตอบ

ตัวอย่างกิจกรรมออกแบบแสงสว่าง


Multimedia
Warm white
Cool white
เลือกหลอดไฟ
Multimedia
กดปุ่ม on
บอกคุณสมบัติ
ของหลอด
สีห้องจะเปลี่ยน
ตามหลอดและโคม
ที่เลือก
Multimedia
กดปุ่ม off
เริ่มกิจกรรมใหม่
แสดงผลในการเลือกหลอด
และชนิดของโคม

หน้าวัดผลการเรียน

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล ว่าที่ร้อยตรีเกริกวุฒิ รังสีปัญญา

วัน เดือน ปีเกิด 28 สิงหาคม 2517

ภูมิลำเนา อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) (วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า))	ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดปทุมธานี	2544
ปริญญาตรี ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) (ค.อ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า))	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น	2540
ปวส. (ช่างไฟฟ้า - ไฟฟ้ากำลัง)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น	2538
ปวช. (ช่างไฟฟ้า)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตขอนแก่น	2536

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานในปัจจุบัน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพมหานคร