

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ
ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ENTITLED NON-METALLIC
FOR BACHELOR OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG



อุไร ทองคำ
URAI THONGKAM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....95652
วัน,เดือน,ปี...27...11...2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

KMITL-2009-ED-M-231-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION ENTITLED NON-METALLIC
FOR BACHELOR OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
PROGRAM IN ELECTRICAL COMMUNICATIONS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2009

KMITL-2009-ED-M-231-045

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Computer Assisted Instruction Entitled Non-Metallic for Bachelor of Science in Industrial
Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

นักศึกษา นางสาวอุไร ทองคำ

รหัสประจำตัว 48063515

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีระพล อาจารย์วิวัฒน์ อูษุทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.อดิศักดิ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิสุทธิ	สุนทรฉนภพงศ์	
ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน อูษุทยา	
รศ.อุดมศักดิ์	สารินุตร	
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
รศ.ดร.กัลยาณี	สถลบัณฑิต เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จัดตการุณย์	

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 9 เมษายน 2552 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่.....14.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นักศึกษา

นางสาวอุไร ทองคำ

รหัสประจำตัว

48063515

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

พ.ศ.

2552

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อสร้างรวมทั้งหาคุณภาพและประสิทธิภาพของบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีคุณภาพจัดอยู่ในระดับดีขึ้นไป และมีประสิทธิภาพของบทเรียน คือ E1/E2
เท่ากับ 80/80 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 หลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งลงทะเบียนเรียน วิชาวัสดุวิศวกรรม ในปีการศึกษา 2551 จำนวน
30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบทดสอบ
ท้ายบท และแบบทดสอบหลังเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีคุณภาพทางด้านเนื้อหา
จัดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.59, S.D. = 0.38$) ส่วนด้านสื่อจัดอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.47, S.D. = 0.38$)
และประสิทธิภาพของบทเรียนเท่ากับ 88.00/87.83 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่า บทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis Title	Computer Assisted Instruction Entitled Non-Metallic for Bachelor of Science in Industrial Education King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Student	Mss.Urai Thongkam
Student ID.	48063515
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electrical Communications Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Act.Lt. Udomsak Saributr

ABSTRACT

The purposes of this research were to develop and to find out the quality as well as the effectiveness of Computer Assisted Instruction entitled Non-Metallic for Bachelor of Science in Industrial Education at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The research hypotheses were set and tested to determine whether the lesson's quality would be more or equal to a very good level, and whether its effectiveness or E1/E2 would be 80/80. The sample used in this research consisted of first year students from the Bachelor of Science in Industrial Education program in Engineering Education field at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang who registered on Material Engineering course during 2551 academic year, totaled of 30 persons. The tools utilized in the study were Computer Assisted Instruction, formative tests, and a post-test. The statistics for data analysis was mean, standard deviation and percentage.

The results of the research were found that Computer Assisted Instruction entitled Non-Metallic had the quality of content ($\bar{X} = 4.59$, S.D. = 0.38) at the great level which multimedia ($\bar{X} = 4.47$, S.D. = 0.38) at the good level and its effectiveness was 88.00/87.83, which was higher than the specified criteria. This meant that the Computer Assisted Instruction of Non-Metallic could be applied for teaching and learning effectiveness.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความอนุเคราะห์จาก ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.อุดมศักดิ์ สารินทร อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และคำแนะนำแนวทางรวมทั้งการแก้ไขปรับปรุง ข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิจัยด้วยความเอาใจใส่เสมอมา ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำแก้ไข ข้อบกพร่อง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนประสบการณ์ ข้อคิดต่าง ๆ อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า และเป็นแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ จนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อเหรียญ และคุณแม่เฉลียว ทองคำ ผู้เป็นที่เคารพรักยิ่ง รวมทั้ง สมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความรัก ความห่วงใย ช่วยเหลือ สนับสนุน ดูแลเอาใจใส่ และ ให้กำลังใจ แก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ท้ายที่สุดขอขอบคุณเพื่อนสมาชิกนักศึกษาปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร รุ่น 10 ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือเป็นกำลังใจสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ประสบความสำเร็จ

อุไร ทองคำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 วิชาวัสดุวิศวกรรม.....	6
2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	26
2.3 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	43
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	48
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	48
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	48
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	57
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย.....	57
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	62
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	64
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	70
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้ทรงวุฒิ.....	71
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา.....	73
ภาคผนวก ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	79
ภาคผนวก ง แบบประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม.....	87
ภาคผนวก ฉ การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง.....	93
ประวัติผู้เขียน.....	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงส่วนประกอบของไม้.....	13
3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องอโลหะ.....	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	สารที่ทำให้แก้วเป็นสีต่าง ๆ25
2.2	โครงสร้างในแต่ละส่วนของบทเรียน.....33
4.1	แสดงค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน.....59
4.2	แสดงค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านสื่อโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน.....60
4.3	สรุปผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....61
ฉ 1	ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน.....94
ฉ 2	คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน.....96
ฉ 3	คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน.....98
ฉ 4	การหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน.....100
ฉ 5	การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....102
ฉ 6	ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน.....104
ฉ 7	ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน.....105
ฉ 8	ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียน แสดงคะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง 30 คน.....106

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อโลหะเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในวิชาวัสดุวิศวกรรม ที่ว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับวัสดุอโลหะ หมายถึง วัสดุที่ไม่ใช่โลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติตรงข้ามกับกลุ่มที่เป็นโลหะ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) สารสังเคราะห์ หมายถึง สารที่เกิดจากวัสดุที่สังเคราะห์ หรือ ผลิตด้วยฝีมือของมนุษย์ เช่น ซีเมนต์ กระดาษ แก้ว กระจก พลาสติก เป็นต้น 2) สารธรรมชาติ หมายถึง สารที่เกิดจากวัสดุที่มีชีวิตตามธรรมชาติ เช่น หนังสัตว์ ไม้ ยาง ไยหิน เป็นต้น ซึ่งในการเรียนการสอนในวิชาวัสดุวิศวกรรม มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุอโลหะ เพื่อให้ นักศึกษามีความเข้าใจถึงชนิดของวัสดุวิศวกรรม โครงสร้าง กระบวนการผลิต คุณสมบัติของอโลหะ การนำไปใช้งาน โดยนักศึกษสามารถแยกแยะวัสดุต่างๆ ได้ โดยการเรียนรู้ทั้งหมดเป็นพื้นฐานทางวิศวกรรม

อโลหะจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาการศึกษาและอุตสาหกรรมของชาติ ในการพัฒนาการศึกษาและอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวิศวกร นักวิทยาศาสตร์ หรือนักเทคโนโลยีล้วนต้องเกี่ยวข้องกับวัสดุในงานวิศวกรรมอยู่เสมอ ทั้งในด้านของผู้ใช้วัสดุ ผู้ผลิต และผู้ควบคุมกระบวนการผลิต ตลอดจนผู้ออกแบบ องค์กรประกอบ และโครงสร้าง บุคคลเหล่านี้ จำเป็นอย่างที่จะต้องเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมถูกต้องกับคุณสมบัติการใช้งานของวัสดุประเภทนั้นๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่อโลหะมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมปัจจุบัน เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ความรู้เกี่ยวกับวัสดุในงานวิศวกรรมเป็นส่วนสำคัญ สำหรับวิศวกรทุกสาขาวิชา

วิชาวัสดุวิศวกรรมจึงจำเป็นต้องมีการจัดการเรียนการสอนใน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ หรือแม้แต่ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังนั้นวิชาวัสดุวิศวกรรมจัดได้ว่าเป็นพื้นฐานความรู้ที่มีประโยชน์ต่อนักศึกษา และเป็นวิชาหนึ่ง ที่เชื่อมโยงแนวคิดของวิศวกรรมหลายๆ สาขาเข้าด้วยกัน

อย่างไรก็ตาม จากการสอบถามผู้สอนและผู้เรียนวิชาวัสดุศาสตร์วิศวกรรม ตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง พบว่า ปัญหาของการเรียนการสอน เรื่อง อโลหะ สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้ คือ

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอน ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยได้ยึดเอา ขั้นตอนการออกแบบบทเรียน ที่ดัดแปลงมาจากกระบวนการเรียนการสอนของ Robert Gagne' รุจโรจน์ แก้วอุไร (2545) ที่กล่าวถึงหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เกิดจากการ ออกแบบในลักษณะการเรียนการสอนจริง โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและการจัดกิจกรรม การเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและบทเรียน ซึ่งประกอบด้วย 9 ประการดังนี้

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. เร่งเร้าความสนใจ | 6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน |
| 2. บอกวัตถุประสงค์ | 7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ |
| 3. ทบทวนความรู้เดิม | 8. ทดสอบความรู้ |
| 4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ | 9. สรุปและนำไปใช้ |
| 5. ชี้แนะแนวทางการเรียน | |

จากขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ประการของ Robert Gagne' ผู้วิจัยได้นำมาใช้ทั้งหมด 9 ประการ เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบรรลุผลตามวัตถุประสงค์และสมมุติฐานของการวิจัย ในครั้งนี้

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์ อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยได้กำหนด ขอบเขตของงานวิจัยไว้ดังนี้

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร เป็นนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์ อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 50 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ตามหลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาวัสดุวิศวกรรม รหัสวิชา 03376006 ในปีการศึกษา 2551 ได้จากการสุ่มเลือก แบบเจาะจง จำนวน 30 คน

1.5.2 เนื้อหาวิชาที่ใช้ในการวิจัย

1. เนื้อหาวิชาที่นำมาสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประกอบด้วย

หน่วยที่ 1 สารธรรมชาติ ประกอบด้วย ยาง และ ไม้

หน่วยที่ 2 สารสังเคราะห์ ประกอบด้วย พลาสติก และ แก้ว

1.5.3 คุณภาพของเครื่องมือ

คุณภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งด้านเนื้อหาและด้านสื่อ

1.5.4 ประสิทธิภาพของเครื่องมือ

ประสิทธิภาพของสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จึงกำหนดความหมายของคำต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ คือ

1. โลหะ หมายถึง เนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวัสดุวิศวกรรม เรื่องอโลหะ ประกอบด้วย สารธรรมชาติ เรื่อง ยาง และ ไม้ และสารสังเคราะห์ เรื่อง พลาสติก และแก้ว
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มความเข้าใจให้แก่ผู้เรียนในเรื่องอโลหะ โดยการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นบทเรียน ซึ่งใช้โปรแกรม Macromedia Flash MX ในการสร้างสื่ออย่างมีระบบ มีขั้นตอน และจุดมุ่งหมาย เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ตามวัตถุประสงค์ ที่ตั้งไว้
3. คุณภาพ หมายถึง แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ หลังจากได้พิจารณาบทเรียนคอมพิวเตอร์ทั้งด้านเนื้อหา และด้านสื่อของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง ผลที่วัดจากผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนซึ่งวัดจากความสามารถทางการเรียนของผู้เรียน ตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนครบทุกหน่วย

5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังจากจบการเรียนเนื้อหา เรื่องอโลหะ

6. นักศึกษา หมายถึง นักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ลงทะเบียนเรียน วิชาวัสดุวิศวกรรม รหัสวิชา 03376006



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ โดยได้แบ่งออกเป็นหัวข้อดังนี้

- 2.1 วิชาวัสดุวิศวกรรม
- 2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.3 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วิชาวัสดุวิศวกรรม

2.1.1 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม

1. ชื่อหลักสูตร

ชื่อภาษาไทย หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม
ชื่อภาษาอังกฤษ Bachelor of Science in Industrial Education Program in Engineering Education

2. ชื่อปริญญา

ชื่อเต็ม (ไทย) ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ครุศาสตร์วิศวกรรม)
ชื่อย่อ (ไทย) ค.อ.บ.(ครุศาสตร์วิศวกรรม)
ชื่อเต็ม (อังกฤษ) Bachelor of Science in Industrial Education (Engineering Education)
ชื่อย่อ (อังกฤษ) B.S.I.Ed. (Engineering Education)

แบ่งออกเป็น 4 แขนงวิชาดังนี้

1. แขนงวิชาโทรคมนาคม
2. แขนงวิชาอิเล็กทรอนิกส์
3. แขนงวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
4. แขนงวิชาการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

3. หน่วยงานที่รับผิดชอบ

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปรัชญาและวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

ปรัชญา

มุ่งพัฒนาบุคลากรด้านครุศาสตร์วิศวกรรม และวิชาการครุศาสตร์วิศวกรรม เพื่อสนองตอบต่อความต้องการทั้งในภาครัฐและเอกชน และพัฒนาการศึกษาให้สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศด้านสังคม เศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของหลักสูตร

1. เพื่อผลิตบัณฑิตด้านครุวิศวกรรมที่มีความรู้และทักษะทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่มีคุณธรรม จริยธรรม ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม และรักษาสิ่งแวดล้อม ให้สามารถปฏิบัติงานในสถานศึกษาหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ในระดับ อุดมศึกษา อาชีวศึกษา และการศึกษายกระดับพื้นฐานในภาครัฐและเอกชน

2. เพื่อส่งเสริม และสนับสนุนให้มีการศึกษาค้นคว้า วิจัย พัฒนา และบริการวิชาการด้านครุศาสตร์วิศวกรรม

5. กำหนดการเปิดสอน

ตั้งแต่ปีการศึกษา 2549 เป็นต้นไป

6. คุณสมบัติของผู้เข้าศึกษา

เป็นผู้สำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือเทียบเท่าที่กระทรวงศึกษาธิการรับรอง

7. การคัดเลือกผู้เข้าศึกษา

เป็นผู้ที่ผ่านการคัดเลือกตามระเบียบของสำนักงานคณะกรรมการ การอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการและเป็นผู้ที่ผ่านการคัดเลือกหรืออาจรับโดยการเทียบโอน ตามข้อบังคับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ.2549

8. ระบบการศึกษา

ใช้ระบบการศึกษาเป็นแบบทวิภาค โดย 1 ปีการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ภาคการศึกษา และในภาคการศึกษาปกติมีระยะเวลาการศึกษาไม่น้อยกว่า 15 สัปดาห์ และอาจจะเปิดสอนภาคฤดูร้อน โดยใช้เวลาการศึกษาไม่น้อยกว่า 6 สัปดาห์ โดยจัดเวลาครบตามหน่วยกิต

9. การคิดหน่วยกิต

1. รายวิชาภาคทฤษฎี ที่ใช้เวลาบรรยายหรืออภิปรายปัญหาไม่น้อยกว่า 15 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต ระบบทวิภาค

2. รายวิชาภาคปฏิบัติ ที่ใช้เวลาฝึกหรือทดลองไม่น้อยกว่า 30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต ระบบทวิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การฝึกงานหรือฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ที่ใช้เวลาฝึก ไม่น้อยกว่า 45 ชั่วโมง ต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต ระบบทวิภาค

4. การทำโครงการหรือกิจกรรมการเรียนรู้อื่นใดตามที่ได้มอบหมาย ที่ใช้เวลา ทำโครงการหรือกิจกรรมนั้นๆ ไม่น้อยกว่า 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษาปกติ ให้มีค่าเท่ากับ 1 หน่วยกิต ระบบทวิภาค

10. ระยะเวลาการศึกษา

ใช้เวลาการศึกษาไม่เกิน 10 ปีการศึกษา สำหรับการลงทะเบียนเรียนเต็มเวลา และไม่เกิน 15 ปีการศึกษาสำหรับการลงทะเบียนเรียนไม่เต็มเวลา และให้เป็นไปตามข้อบังคับสถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2549

11. การลงทะเบียนเรียน

1. ให้ลงทะเบียนได้ไม่น้อยกว่า 9 หน่วยกิต และไม่เกิน 22 หน่วยกิต ในแต่ละภาค การศึกษาปกติ

2. ให้เป็นไปตามข้อบังคับ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2549

12. การวัดผลและการสำเร็จการศึกษา

ต้องเรียนครบตามจำนวนหน่วยกิตที่กำหนดไว้ในหลักสูตร และต้องได้ค่าระดับคะแนน เฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 2.00 จากระบบ 4 แต่มีระดับคะแนน และให้เป็นไปตามข้อบังคับสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ว่าด้วยการศึกษาระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2549

2.1.2 ทฤษฎีเนื้อหาวิชาวัสดุวิศวกรรม เรื่องโลหะ

วิชาวัสดุวิศวกรรม รหัสวิชา 03376006 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- คำอธิบายรายวิชา

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับวัสดุวิศวกรรม ชนิดของวัสดุวิศวกรรม โครงสร้างผลึกและรูปทรง ทางเลขาคณิตของผลึก การแข็งตัว ความบกพร่องของผลึกและการแพร่ในของแข็ง กระบวนการผลิตทางโลหะและโลหะผสม คุณสมบัติและการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล ความสัมพันธ์ของ โครงสร้างมหภาคและ โครงสร้างจุลภาคกับคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรม แผนภาพสมดุลของ โลหะผสม โลหะผสมทางวิศวกรรม กรรมวิธีทางความร้อนของเหล็กกล้า วัสดุวิศวกรรมของ พลาสติก เซรามิก แอสฟัลท์ ไม้ แก้ว ยาง และคอนกรีต

ผู้วิจัยได้จัดทำเฉพาะส่วนที่เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ อโลหะ ที่ประกอบด้วย

- สารธรรมชาติ เรื่อง ยาง และไม้
- สารสังเคราะห์ เรื่อง พลาสติก และแก้ว

2. การแบ่งหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อโลหะ

การดำเนินการวิจัยแบ่งหน่วยการเรียนออกเป็น 2 หน่วยการเรียนรู้

หน่วยที่ 1. สารธรรมชาติ ประกอบด้วย เรื่อง ยาง และเรื่อง ไม้

หน่วยที่ 2. สารสังเคราะห์ ประกอบด้วย เรื่อง พลาสติก และเรื่อง แก้ว

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจความหมายของสารธรรมชาติ
2. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจยางธรรมชาติ และไม้
3. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจความหมายของสารสังเคราะห์
4. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจพลาสติก และแก้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อจบการเรียนรู้ตามหลักสูตรนี้แล้วผู้เรียนสามารถ

หน่วยที่ 1 สารธรรมชาติ

เรื่อง ยาง

1. อธิบายขั้นตอนการผลิตยางได้
2. สามารถแบ่งแยกชนิดของยางได้
3. บอกประโยชน์ของยางแต่ละชนิดได้
4. บอกต้นกำเนิดของยางได้

เรื่อง ไม้

1. อธิบายส่วนประกอบของไม้ได้
2. สามารถจำแนกประเภทของไม้ได้
3. บอกคุณสมบัติและประโยชน์ของไม้ได้
4. บอกการนำไม้ไปใช้งานในงานช่างได้

หน่วยที่ 2 สารสังเคราะห์

เรื่อง พลาสติก

1. บอกแหล่งกำเนิดพลาสติกได้
2. สามารถบอกประเภทของพลาสติกได้
3. บอกประโยชน์การนำพลาสติกแต่ละชนิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง แก้ว

1. บอกคุณสมบัติของแก้วได้
2. บอกขั้นตอนการผลิตแก้วได้
3. บอกประโยชน์และการนำไปใช้งานของแก้วแต่ละชนิดได้
3. ทฤษฎีการเรียนรู้เกี่ยวกับ เรื่อง อโลหะ

อโลหะ เป็นวัสดุที่เกิดจากธรรมชาติ หรือเกิดจากการสังเคราะห์ขึ้น โดยฝีมือมนุษย์ มีลักษณะเด่น คือ มีความเปราะ ผิวด้านไม่เป็นมันวาว นำไฟฟ้าและความร้อนได้น้อยมาก อโลหะ ถูกเลือกมาใช้งานตามสมบัติเฉพาะของอโลหะแต่ละชนิด เพื่อใช้ประโยชน์จากสมบัติของอโลหะ ชนิดนั้นในงานที่เหมาะสม

อโลหะมี 3 สถานะคือของแข็ง ของเหลว และ แก๊ส อโลหะมีสมบัติดังนี้

1. แข็งแต่เปราะ ค้างยึดเป็นเส้น หรือตีเป็นแผ่นไม่ได้
2. เคาะไม่มีเสียงดังกังวาน
3. ผิวด้าน สะท้อนแสงได้น้อย
4. เป็นตัวนำความร้อน และ ไฟฟ้าที่ไม่ดี ส่วนใหญ่มักมีจุดหลอมต่ำ

อโลหะ สามารถแยกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อโลหะสารธรรมชาติ ได้แก่ วัสดุที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติ เช่น ไม้ ยาง น้ำมันดิบ หนังสัตว์ หิน
2. อโลหะสารสังเคราะห์ ได้แก่ วัสดุที่ผลิต หรือสังเคราะห์ขึ้น โดยฝีมือมนุษย์ อาจผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติก็ได้ เช่น พลาสติก ผลิตจากน้ำมันดิบ และแก้ว ผลิตจากหินภูเขาหนุมาน

1. ยาง (Rubber)

ยางเป็นวัสดุที่เรานำมาใช้งาน ในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีคุณสมบัติเหนียว เนื้อแน่น ยืดหยุ่น ชีบจับแรงกระแทกได้ดี ยางแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. ยางธรรมชาติ หรือยางแท้ (Natural Rubber)

ยางธรรมชาติ ได้จากน้ำยางจากต้นยางพารา โดยผ่านขบวนการ วัลคาไนเซชัน คือ การนำสารเคมีต่างๆ เช่น ผลกราฟไฟต์ และกำมะถัน เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้เกิดความเหนียวทนต่อความสึกหรอ มีความยืดหยุ่น เรานำมาใช้งานทำพื้นรองเท้า ท่อยาง ยางรถยนต์

2. ยางสังเคราะห์ หรือยางเทียม (Synthetic Rubber)

ยางสังเคราะห์ เป็นยางที่ผลิตขึ้นมาใช้งานแทนยางธรรมชาติ ซึ่งผลิตขึ้นจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม และได้จากการทำปฏิกิริยากันกับสารเคมียางสังเคราะห์บางชนิดก็มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับยางธรรมชาติ บางชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะ ได้แก่ ทนต่อสารเคมี ทนต่ออุณหภูมิ น้ำมันแร่ มีความ

เหนียว และการยืดหยุ่นได้ดี ยางสังเคราะห์ที่สำคัญ ก็อย่าง GR-S (Government Rubber – Styene) ผลิตขึ้นจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียม เป็นยางที่คล้ายคลึงกับยางธรรมชาติมาก

วัตถุดิบที่ใช้ผลิตยางธรรมชาติ

ยางธรรมชาติได้วัตถุดิบมาจากน้ำยางของต้นยางพารา ซึ่งเป็นพืชในเขตเมืองร้อน มีต้นกำเนิดในประเทศบราซิล ปัจจุบันยางพาราปลูกมากในประเทศมาเลเซีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย และประเทศไทย สำหรับประเทศไทยสามารถผลิตยางได้เป็นอันดับที่ 3 ของโลก คือเมื่อปี 2522 ผลิตได้ถึง 500,000 ตัน แต่น้ำยางมาใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศน้อยมาก คือประมาณ 4% นอกจากนั้นส่งไปขายยังต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น จีน และอเมริกา ปัจจุบันประเทศไทยปลูกยางพาราประมาณ 10 ล้านไร่ ส่วนใหญ่จะปลูกกันมากในจังหวัดภาคใต้ และภาคตะวันออก

ขบวนการผลิตยางดิบ

น้ำยางที่ได้จากต้นยางพารา จะมีเนื้อยางอยู่ประมาณ 30 - 45 % ดังนั้นจึงต้องทำการแยกน้ำออกจากเนื้อยาง โดยการเติมกรดน้ำส้มลงไปในน้ำยางพารา ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะได้เนื้อยางที่ตกตะกอน นำเนื้อยางที่ได้ไปรีดเป็นแผ่นบางๆ จากนั้นทำให้ยางแห้งโดยวิธีการรมควัน หรือ ฝึ่งให้แห้ง ยางที่ได้ในช่วงนี้เรียกว่า ยางดิบ

ขบวนการอบร้อน

ยางดิบที่ได้จากยางธรรมชาติ ถ้านำไปใช้งานโดยตรง คุณภาพจะไม่ดีพอ เมื่ออุณหภูมิจะอ่อนตัว และทิ้งไว้ในอากาศนานๆ จะแข็งกรอบ ดังนั้น จึงต้องนำเอายางดิบไปผ่านขบวนการอบร้อนเสียก่อน

ยางดิบที่จะนำไปใช้งานได้นั้น จะต้องผ่านขบวนการอบร้อน ในอุณหภูมิประมาณ 100°C - 140°C เพื่อเพิ่มความทนทานในการใช้งาน ทั้งนี้โดยการผสมวัสดุต่อไปนี้ในระหว่างขบวนการอบร้อน คือ

1. ผงกำมะถัน (S) ผสมลงในเนื้อยางดิบ เพื่อให้ยางมีความแข็งเพิ่มขึ้น ถ้าผสมกำมะถันลงไป ในเนื้อยางประมาณ 3 - 20 % จะได้ยางอ่อนที่ยืดหยุ่นตัวได้ดี เรียกว่า ยางอ่อน ถ้าผสมกำมะถันลงไป ในเนื้อยาง 30 - 50 % จะได้ยางที่มีเนื้อแข็ง เรียกว่า ยางแข็ง

2. สารเคมีที่ทำให้เกิดฟอง เมื่อผสมลงในยางดิบขณะผ่านขบวนการอบร้อน จะได้ยางที่มีรูพรุน ยืดหยุ่นตัวได้ ประเภทฟองน้ำ

3. ผงคาร์บอน (C) ผสมลงไปเพื่อต้องการให้ยางที่ได้มีสีดำ

4. ผงอลูมิเนียมซิลิเกต (Al_2ZSiO_3) ผสมลงไปเพื่อให้ยางสำเร็จรูปที่ได้มีสีขาว
คุณสมบัติ ของยางที่ผ่านขบวนการอบร้อนแล้ว

1. สามารถยืดหยุ่นตัวได้ดี รับน้ำหนักได้สูง สามารถคืนตัวเข้ารูปเดิมได้ เมื่อเอาน้ำหนักออก และทนต่อแรงดึงได้ดี การนำไปใช้งาน เช่น นำไปผสมกับยางสังเคราะห์ ใช้ทำยาง

เอกสารนี้จัดทำขึ้นโดยศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยียางธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถทำให้เป็นแผ่นบางๆ เหมือนแผ่นกระดาษได้ การนำไปใช้งาน เช่น ทำลูกโป่ง ทำถุงมือยาง ฯลฯ

3. สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติจากอ่อนนุ่มไปจนถึงแข็งได้ การนำไปใช้งาน เช่น ทำเปลือกหม้อเบตเตอร์ ทำพื้นรองเท้า ทำพวกฟองน้ำต่างๆ ฯลฯ

4. สามารถเก็บน้ำและอากาศไว้ได้ไม่รั่วซึม การนำไปใช้งาน เช่น ยางในรถยนต์ (ผสมกับยางสังเคราะห์) กระเป๋าน้ำร้อน ฯลฯ

5. เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี การนำไปใช้งาน เช่น ทำเปลือกที่หุ้มสายไฟฟ้า
ยางธรรมชาติที่ใช้กันทั่วไป

ยางอ่อน ผสมกำมะถันน้อยประมาณ 3-20% ยางนี้จะยืดได้มากและยืดหยุ่นดี เช่น ลูกโป่ง ถุงมือยาง กาวยาง ท่อยาง สายพานลิ้ม ดับปลิงยาง แผ่นประเก็นยาง เสื่อคลุมยาง พื้นรองเท้า

ยางแข็ง เป็นยางที่ผ่านกรรมวิธีอบร้อน มีกำมะถันสูงถึง 30 – 50% ยางชนิดนี้ ได้แก่ เปลือกเบตเตอร์รถยนต์ วัสดุประสานหินเจียรในเคลือบผิวเหล็กกันกัดกร่อน

ยางฟองน้ำ ผ่านกรรมวิธีอบร้อน แต่ก่อนอบร้อนต้องเติมสารเคมีทำให้เกิดฟองลงไป หรือกวนอากาศโดยตรง ตัวอย่างเช่น ยางเส้นกันน้ำขอบประตูรถยนต์ ยางทำเบาะ รองเท้าฟองน้ำ

2. ไม้ (Wood)

ไม้เป็นผลิตภัณฑ์อันยิ่งใหญ่จากธรรมชาติ เป็นวัสดุที่มีค่ายิ่ง จัดว่าเป็นวัสดุที่มีความสำคัญในการก่อสร้าง เพราะมีน้ำหนักน้อยตัดคิ่งหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย มีความสวยงามตลอดจนสามารถปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น ได้ข้อเสียของไม้ก็คือมีความแข็งแรงต่ำและมีคุณภาพในแต่ละทิศทางไม่เท่ากัน (anisotropic) เช่น ความแข็งในทางปลาย (ขนานกับแนวเส้น) จะต่างกับความแข็งที่รัศมี (radial) หรือด้านสัมผัส (tangential) เป็นต้น

นอกจากนั้นในไม้ชนิดเดียวกันก็อาจจะมีความแตกต่างกันมากในด้านคุณสมบัติเชิงกล ซึ่งขึ้นกับคุณภาพของไม้แต่ละท่อน ลักษณะการเลื้อย อายุของไม้ เป็นต้น

ส่วนประกอบของไม้

1. ใจกลาง อยู่ศูนย์กลางหน้าตัดลำต้น มีลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ ถ้าเป็นต้นไม้ใหญ่ขนาดของรูจะโตเป็นโพรง ใจกลางของไม้ไม่แข็งแรง

2. แก่นไม้ อยู่ในส่วนกลางห่างจากใจกลาง คือ ส่วนที่เป็นเนื้อไม้ เป็นส่วนที่แข็งแรงที่สุด เป็นส่วนที่นำไปใช้งาน

3. กระจัง อยู่ห่างจากหน้าตัดลำต้น เนื้อไม้ส่วนนี้อ่อนไม่ทนต่อการใช้งาน แผลงจะกินได้ง่าย

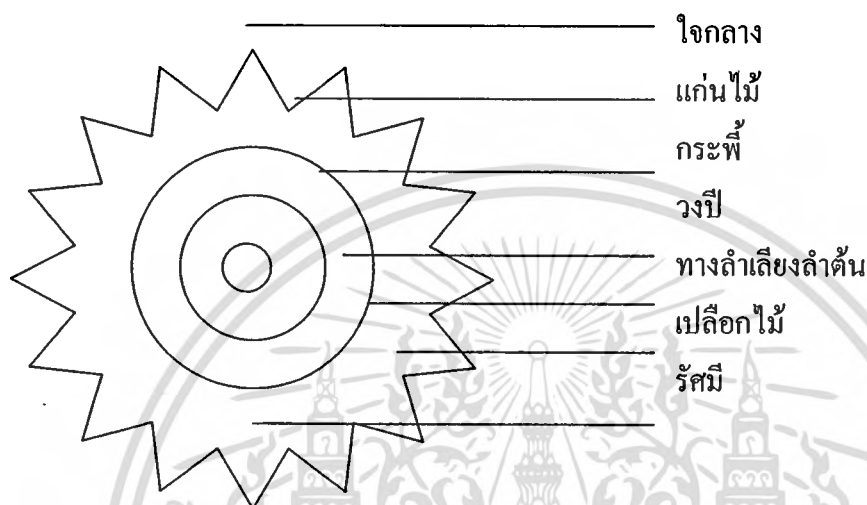
4. วงปี เป็นส่วนที่อยู่รอบ ๆ เป็นวง ๆ แสดงถึงการเจริญเติบโตของต้นไม้ ถ้าจะนับอายุของต้นไม้ดูจากวงปี 1 วงเท่ากับ 1 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทางลำเลียงลำต้น คือ วงปีนอกสุดของลำต้น เป็นส่วนลำเลียงน้ำและอาหารไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของลำต้น

6. เปลือกไม้ เป็นส่วนที่มองเห็นเพราะอยู่ส่วนนอกของลำต้น

7. รัศมี เป็นเส้นตัดผ่านวงปีไปยังเปลือกไม้



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของไม้

การจำแนกประเภทของไม้

ไม้อาจจำแนกแบ่งเป็นไม้เนื้ออ่อน (softwood) ซึ่งปกติจะเป็นไม้ใบแคบและไม้เนื้อแข็ง (hardwood) ซึ่งเป็นไม้จากต้นไม้ใบกว้างอย่างไรก็ตามในปัจจุบัน เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงแยกประเภทของไม้ตามหนังสือของกรมป่าไม้ที่ กส.0702/6679 ลงวันที่ 3 พฤษภาคม 2517 ดังนี้คือให้แบ่งไม้ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ไม้เนื้ออ่อน
2. ไม้เนื้อปานกลาง
3. ไม้เนื้อแข็ง

คุณสมบัติและประโยชน์ของไม้แต่ละชนิด

ไม้เนื้อแข็ง มีหลายชนิด เช่น ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้แดง ซึ่งมีคุณสมบัติและประโยชน์ที่ควรทราบดังต่อไปนี้

1. ไม้เต็ง เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ตามป่าแคบทั่วไปยกเว้นภาคใต้ ลักษณะเนื้อไม้เป็นสีน้ำตาลอ่อนเมื่อแรกตัดทิ้งไว้นานจะเป็นสีน้ำตาลแก่แกมแดง เสี้ยนสับสน เนื้อหยาบแต่สม่ำเสมอแข็งแรงเหนียวแข็งแรงและทนทานมากแห้งแล้วเลื่อยไสกบตกแต่งได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 1,040 กิโลกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำหมอนวางรถไฟเครื่องมือกลกรรมโครงสร้างอาคาร เช่น ตง คาน วงกบ ประตูหน้าต่าง โครงหลังคา เสา

2. ไม้รัง เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ตามในป่าแคบทั่วไป ลักษณะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอมเหลือง เส้นสับสน เนื้อหยาบแต่สม่ำเสมอ แข็ง หนักแข็งแรง และทนทานมาก เลื่อยไสกบตกแต่งค่อนข้างยากเมื่อแห้งจะมีลักษณะคุณสมบัติคล้ายไม้เต็งจึงในบางครั้งเรียกว่า ไม้เต็งรังน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำเสาและโครงสร้างอาคารต่างๆ ทำหมอนวางรถไฟ ทำเครื่องมือกลกรรม

3. ไม้แดง เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นทั่วไปในป่าเบญจพรรณแล้งและชื้น ลักษณะของเนื้อไม้มีสีแดงเรื่อๆ หรือ สีน้ำตาลอมแดง เส้นเป็นลูกคลื่นหรือสับสน เนื้อละเอียดพอประมาณ แข็ง เหนียวแข็งแรงและทนทาน เลื่อยไสกบแต่งได้เรียบร้อยขัดชักเงาได้ดีน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้ชนิดนี้นิยมในการก่อสร้างในส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้าง เช่น พื้นวงกบประตูหน้าต่าง ทำเกวียน ทำเรือหมอนวางรถไฟ เครื่องเรือนเครื่องมือกลกรรม ด้านเครื่องมือ คันชั่ง ไม้แดงนี้ปลวกหรือเพรียงจะไม่ค่อยรบกวน และเป็นไม้ที่ต้านทานไฟในตัวด้วย

4. ไม้ตะเคียนทอง เป็นต้นไม้ใหญ่และสูงมากขึ้นเป็นหมู่ตามป่าดิบชื้นทั่วไปลักษณะเนื้อไม้มีสีเหลืองหม่นสีน้ำตาลอมเหลืองมักมีเส้นสีขาวหรือเทาขาวผ่านเสมอสีที่ผ่านนี้เป็นท่อน้ำมันหรือยาง เส้นมักสับสนเนื้อละเอียดปานกลางแข็ง เหนียว ทนทาน ทนปลวกได้ดีเมื่อนำไปเลื่อย ไสกบตกแต่งและชักเงาได้ดีมาก น้ำหนักโดยเฉลี่ย 750 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ในการก่อสร้างอาคาร ไม้หมอนวางรถไฟ ไม้ชนิดนี้นิยมใช้ทำเรือมาก และยังใช้การได้ดีทุกอย่างที่ต้องการความแข็งแรง เหนียวและทนทาน

5. ไม้ตะแบก เป็นต้นไม้สูงใหญ่ตอนโคนมีลักษณะเป็นพู ขึ้นในป่าเบญจพรรณชื้นและแล้งทั่วไปลักษณะเนื้อไม้สีเทาจนถึงสีน้ำตาลอมเทาเส้นตรงหรือเกือบตรง เนื้อละเอียดปานกลางเป็นมัน แข็งเหนียว แข็งแรงทนทานดีถ้าใช้ร่วมกับไม้ตากแดดตากฝนใช้ทำเสาบ้าน ทำเรือ แพ เกวียน เครื่องกลกรรม ไม้ตะแบกชนิดลายใช้ทำเครื่องเรือนได้สวยงามมาก ใช้ทำด้ามมีด ไม้ถือ กรอบรูป ด้ามปืน เป็นต้น

6. ไม้สัก เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางและตะวันตกลักษณะเนื้อไม้สีเหลืองทองนานเข้าจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก่ มีกลิ่นเหมือนหนังฟอกเก่าๆ และมีน้ำมันในตัวมักมีเส้นสีแก่แทรกเส้นตรงเนื้อหยาบและไม่สม่ำเสมอ แข็งพอประมาณแข็งแรงทนทานที่สุดปลวกมอดไม่ทำอันตราย นำไปเลื่อย ไสกบตกแต่งง่าย แกะสลักได้ดี ชักเงาได้ง่ายและดีมากเป็นไม้ที่ฝังให้แห้งได้ง่ายและอยู่ตัวดี น้ำหนักโดยประมาณ 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม้สักเป็นที่นิยมมากในการทำเครื่องเรือนทำบาน

ประตูหน้าต่าง ทำเรือ แกะสลักต่างๆ ปริมาณที่ทำการจำหน่ายยังมีมากพอสมควร ไม้สักเป็นไม้ที่
เอกราช
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นสินค้าขาออกและเป็นที่ยอมรับของชาวต่างประเทศมาก ไม้สักที่ใหญ่ที่สุดในโลกปัจจุบันนี้ขึ้นอยู่ที่บ้านปางเกลือ ตำบลน้ำไคร้อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ มีความสูง 51 เมตร วัครอบต้นได้ 10.58 เมตร ใช้คนกางแขนโอบรอบต้นได้ไม่น้อยกว่า 8 คน กรมป่าไม้ได้ประมาณอายุต้นสักนี้ไว้ไม่น้อยกว่า 1,500 ปี

7. ไม้ซัก เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ขึ้นตามป่าดิบและป่าเบญจพรรณขึ้นทั่วประเทศเว้นแต่ทางภาคเหนือลักษณะเนื้อไม้สีน้ำตาลอ่อนถึงแก่สีน้ำตาลปนเทาหรือเทาปนเขียวและสับสนแข็งพอประมาณเหนียวทนทานนำไปเลื่อย ไซกบตบแต่งได้ยาก บางครั้งเรียกว่า เต็งคอง น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 961 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำหมอนรองรถไฟ ใช้ก่อสร้าง เช่น ทำโครงสร้าง ตง คาน โครงหลังคา พื้น

8. ไม้เตี้ยม เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงตรง ขึ้นชุกชุมในป่าดิบชื้นทางภาคใต้บางแห่งใหญ่ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ถึง 3 เมตร ลักษณะเนื้อไม้สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลอ่อน ทิ้งไว้นานเป็นสีน้ำตาลแก่หรือเกือบดำ เสี้ยนค่อนข้างสั้นเนื้อละเอียดแข็งเหนียว หนัก แข็งแรงมาก ใช้ในน้ำได้ทนทานดี นำไปเลื่อย ไซกบตบแต่งได้ค่อนข้างง่ายน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 800 – 990 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำหมอนรองรถไฟ โครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงมากสะพานแพ พื้น ใช้ในที่แจ้งทนแดดทนฝนดีมาก

9. ไม้มะค่าแต่ เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ขึ้นประปรายในป่าแดงและป่าเบญจพรรณแล้วทั่วไปลักษณะเนื้อไม้สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลแก่ เลื่อยทิ้งไว้นานสีจะเข้มขึ้น มีเส้นเสี้ยน ผ่านซึ่งมีสีที่แก่กว่าสีพื้นเสี้ยนสับสนเนื้อค่อนข้างหยาบแต่สม่ำเสมอเป็นมันเลื่อม แข็งและทนทานมากทนมอดปลวกได้ดี เลื่อย ไซกบตบแต่งได้ยาก ถ้าดอกตะปูลงในแก่นไม้จะตอกไม้ยาก และตะปูมักคดงอเพราะความแข็งแรงของไม้ น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 1,090 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ในการก่อสร้างต่าง ๆ ทำไม้หมอนรองรถไฟทำเครื่องเกวียน เครื่องไถนา เครื่องเรือน เป็นต้น

10. ไม้ประดู่ เป็นต้นไม้ต้นสูงใหญ่ ขึ้นในเบญจพรรณชื้นและ แล้งทั่วไปเว้นแต่ทางภาคใต้มีชุกชุมทางภาคเหนือและภาคอีสานลักษณะเนื้อไม้สีแดงอมเหลืองถึงสีแดงอย่างสีอิฐแก่สีเสี้ยนเสี้ยนแก่กว่าสีพื้นบางทีมีลวดลาย สวยงามมาก เสี้ยนสับสนเป็นริ้ว เนื้อละเอียดปานกลาง แข็งและทนทาน ไซกบตบแต่งได้ดีและชักเงาได้ดีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ในการก่อสร้าง ทำเกวียนเรื่องเรือนที่สวยงามทำจากปุ่มประคู้ทำค้ำเครื่องมือและสิ่งอื่นๆ ที่ต้องการความแข็งแรงทนทาน ในประเทศจีนและญี่ปุ่นนิยมใช้ทำเครื่องเรือนกันมาก

ไม้เนื้อแข็งปานกลาง มีหลายชนิดเช่น ไม้ยาง ไม้กระบากหรือ ไม้กะบาก ไม้กระท้อน และอื่นๆ ซึ่งมีคุณสมบัติและประโยชน์ที่ควรทราบดังต่อไปนี้

1. ไม้ยาง เป็นต้นไม้สูงใหญ่ สูง ไม่มีกิ่งที่ลำต้น มักขึ้นเป็นหมู่ในป่าดิบชื้น และที่ต่ำชุ่มชื้น ตามบริเวณใกล้เคียงแม่น้ำลำธารในป่าดิบและป่าอื่นๆ ทั่วไป ต้นบางชนิดสามารถเผาเอาน้ำมันยางได้ (แต่เป็นคนละชนิดกับต้นยางพารา) ลักษณะเนื้อไม้สีแดงเรื่อหรือสีน้ำตาลหม่นเสี้ยนมักตรง เนื้อหยาบ แข็งปานกลางใช้ในร่มทนทานดีเสื่อยไสกบตบแต่งได้ดีน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 650 – 720 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ในงานก่อสร้างทั่วไป ทำหีบ ที่นิยมใช้กันมากคือใช้เป็นไม้ฝา ไม้คร่าว ฝาเพดาน คร่าวฝา

2. ไม้กระบากหรือไม้กะบาก เป็นต้นไม้สูงใหญ่ขึ้นปะปรายในป่าดิบชื้นและป่าเบญจพรรณขึ้นทั่วประเทศ ทางพฤกษศาสตร์จะมีอยู่หลายชนิด แต่ในส่วนเนื้อไม้และการใช้มีลักษณะคล้ายคลึงมากใช้ร่วมกันได้ดีลักษณะเนื้อไม้โดยรวมมีสีตั้งแต่น้ำตาลเหลืองถึงน้ำตาลอ่อนแกมแดงเรื่อๆ เสี้ยนมักตรงเนื้อหยาบแต่สม่ำเสมอ แข็ง เหนียว เค็งพอประมาณ เสื่อยไสกบตบแต่งได้ไม่ยาก แต่มีข้อเสียคือเนื้อเป็นทรายทำให้กัดคมเครื่องมือ ฝั่งแห้งง่ายและไม่ค่อยเสื่อมเสียน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตรใช้ทำแบบหล่อคอนกรีตได้ดีเพราะถูกน้ำแล้วไม่บิดงอหรือ โคล้ง ทำเครื่องเรือนราคาถูก ทำกล่องใส่ของเก่าอี้

3. ไม้ซุ่มแพรก เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ขึ้นปะปรายตามป่าดิบชื้นทางภาคตะวันออก เช่น ทางอำเภอศรีราชา จังหวัด ชลบุรี และในภาคกลางบางแห่ง ลักษณะเนื้อไม้เมื่อเสื่อยหรือตัดใหม่ๆ จะเป็นสีแดงเข้มเมื่อทิ้งไว้ถูกอากาศจะเป็นสีน้ำตาลอมแดงเป็นมันเลื่อมเสี้ยนมักตรงและสม่ำเสมอเป็นริ้วห่างๆ เหนียวแข็ง ใช้ในร่มทนทานดี เสื่อยไสกบตบแต่งได้ง่าย ชักเงาได้ดี น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ก่อสร้าง เช่น ทำพื้น ฝา

4. ไม้หนทรี เป็นต้นไม้ขนาดกลาง ขึ้นในป่าดิบชื้นและป่าโปร่งขึ้นลักษณะไม้สีชมพูอ่อนถึงน้ำตาลแกมชมพู เป็นมันเลื่อม เสี้ยนตรงหรือเป็นลูกคลื่น หรือสับสนบ้างเล็กน้อย เนื้อหยาบปานกลาง เสี้ยนผ่าไสกบตบแต่งได้ง่ายๆ น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 575 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำไม้พื้นเพดานและฝา ทำเครื่องเรือน หีบใส่ของต่างๆ

5. ไม้มะม่วงป่า เป็นต้นไม้ใหญ่ ขึ้นห่างๆกันในป่าดิบชื้นและป่าเบญจพรรณ หรือตามที่ชุ่มชื้นทั่วไป ลักษณะเนื้อไม้ไม่มีแก่นมากนัก สีน้ำตาลไหม้ เสี้ยนค่อนข้างตรงเนื้อเป็นมันเล็กน้อย แข็งเหนียว ใช้ในร่มทนทานดีเสื่อยไสกบตบแต่งน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำเครื่องเรือน หีบใส่ของ ไม้บรรทัด ปอกออกมาเป็นแผ่นบางๆ ใช้ทำ ไม้อัด

6. ไม้กระท้อน เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นตามป่าดิบชื้นทั่วประเทศลักษณะเนื้อ ไม้สีแดงเรื่อๆ ปนเทา เสี้ยนไม้ตรง เนื้อค่อนข้างหยาบ แข็งแรงปานกลาง ใช้ในร่มทนทานพอสมควร เสื่อยไสกบตบแต่งได้ง่ายขัดและชักเงาได้ ฝั่งให้แห้งได้ง่าย แต่หุดตัวมากใช้ทำพื้น เพดาน เครื่องเรือน

ไม้เนื้ออ่อน มีหลายชนิดเช่น ไม้สยาขาว ไม้ก้านเหลือง ไม้มะยมป่า ไม้ต้นมะพร้าว ซึ่งคุณสมบัติและประโยชน์ที่ควรทราบต่อไปนี้

1. ไม้สยาขาว เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นตามไหล่เขา และบนเขาในป่าดิบทางภาคใต้ บางจังหวัด เช่น ยะลา นราธิวาส ลักษณะเนื้อไม้สีชมพูอ่อนแกมขาวถึงน้ำตาลอ่อนแกมแดง มีริ้วสี แก่กว่าสีพื้นเป็นมันลื่นมเลี่ยนสับสนเนื้อหยาบอ่อน ก่อนข้างเหนียว ทนทานในร่ม เลื่อย ไส ผ่าได้ง่าย น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 480 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำเครื่องเรือนและส่วนของ อาคารที่อยู่ร่ม เปลือกใช้ทำไม้อัดได้

2. ไม้ก้านเหลือง เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ขึ้นตามริมน้ำแม่น้ำลำธารหรือในที่ ชุ่มชื้นทั่วไปลักษณะเนื้อไม้สีเหลืองเข้มถึงสีเหลืองปนแสดเส้นตรงละเอียดพอประมาณ และอ่อน นำไปเลื่อยไสกบได้ง่ายชักเงาได้ดี น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 540 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำ พื้น ฝา เครื่องเรือน หีบใส่ของ

3. ไม้มะยมป่า เป็นต้นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ขึ้นประปรายในป่าดิบชื้นหรือ ป่าเบญจพรรณขึ้นทั่วไปลักษณะเนื้อไม้ไม่มีแก่นสีจากถ้ำดูอากาศนานๆ สีจะนวลขึ้น เส้นตรง เนื้อหยาบ แต่สม่ำเสมอและอ่อนใสบกได้ง่าย น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร ใช้ทำก้าน ไม้ขีดไฟ กลักไม้ ขีดไฟ หีบใส่ของ ปัจจุบันใช้ทำเครื่องเรือนต่างๆ

4. ไม้ต้นมะพร้าว เมื่อมีความหนาแน่นใช้เป็นโครงสร้างได้ ความหนาแน่นตรง ริมมีมากกว่าตรงกลางต้นตอนกลางๆ มีความหนาแน่น 400 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ตอนริม มีความหนาแน่นถึง 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

มาตรฐานไม้

มาตรฐานของไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของกระทรวงอุตสาหกรรม หรือ มอก. ในปัจจุบันมีดังนี้

1. มอก.421 –2525 หมายถึง ไม้แปรรูปและข้อกำหนดทั่วไป
2. มอก.422 –2525 หมายถึง ไม้สักแปรรูป
3. มอก.423 –2525 หมายถึง ไม้กระยาเลยแปรรูป
4. มอก.424 –2525 หมายถึง ไม้แปรรูปสำหรับงานก่อสร้างทั่วไป
5. มอก.497 –2526 หมายถึง ไม้แปรรูปอบ
6. มอก.516 –2527 หมายถึง ไม้อัดน้ำยา CCA

ซึ่งในมาตรฐานดังกล่าวจะมีหัวข้อที่กล่าวมาถึงคือ

1. ขอบข่าย
2. บทนิยาม
3. ชั้นคุณภาพ
4. วัสดุและการทำ
5. คุณลักษณะที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัด 95652 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เครื่องหมายและฉลาก

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

มาตรฐานของไม้แปรรูปนั้น มีมิติ (ขนาด) เป็นมิลลิเมตร ซึ่งกำหนดตาม มอก.421-2535 เป็นดังนี้

1. ขนาด ไม้แปรรูปตามมาตรฐานนี้ มีขนาดดังต่อไปนี้

ความหนา : 12 , 16 , 19 , 22 , 25 , 32 , 38 , 44 , 50 , 63 , 75 , 88 , 100 , 113 , 125 , 138 , 150 และ 200
 ความกว้าง : 25 , 38 , 50 , 63 , 75 , 88 , 100 , 113 , 125 , 150 , 175 , 200 , 225,250 , 275 , 300 , 350 และ 400 มิลลิเมตร (ยกเว้น ไม้สักเหลี่ยม ให้ถือตามขนาดไม้สักเหลี่ยมแปรรูป มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมไม้สักแปรรูปมาตรฐานเลขที่ มอก.422)

ความยาว : สำหรับไม้สัก เริ่มตั้งแต่ 0.30 เมตร และให้มีความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 0.15 เมตร ส่วนไม้กระยาเลย เริ่มตั้งแต่ 0.30 เมตร และให้มีความยาวเพิ่มขึ้นช่วงละ 0.30 เมตร

2. การเรียกชื่อขนาด ให้เรียกชื่อขนาดไม้เรียงลำดับดังนี้

ความหนา × ความกว้าง × ความยาว

3. การแปรรูป ต้องแปรรูปให้ส่วนยาวของไม้แปรรูป ขนานกับความยาวของท่อนซุง ด้านทั้ง 4 ด้านต้องเรียบเป็นแนวเส้นตรง มีขนาดสม่ำเสมอจนตลอดความยาวของแผ่นและภาคตัดขวางหัวท้ายต้องเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก

3. พลาสติก (Plastics)

พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีโมเลกุลหลักประกอบไปด้วยหน่วยอินทรีย์เคมีกันหลายๆ หน่วย ซึ่งพลาสติกสามารถนำไปขึ้นรูปได้โดยการขึ้นรูป (mold) และการตัดขึ้นรูป (forming) โดยใช้ความร้อน ความดัน หรือใช้ทั้งสองอย่างร่วมกันพลาสติกส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นสารที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ แต่เกิดจาก monomer ทำปฏิกิริยากันเป็น polymers โดย polymers ของพลาสติกประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนเป็นธาตุหลัก จับตัวกับธาตุอื่นๆ การรวมตัวของอะตอมจะก่อให้เกิดโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้น และมีโครงสร้างที่สลับซับซ้อน การรวมตัวกันจะขึ้นอยู่กับพลังการเกาะตัว (energy bonds) และจะพยายามทำให้อะตอมในโมเลกุลมีเสถียรภาพโดยการให้พลังการเกาะตัวจนหมด เช่น H-F จะเป็นโมเลกุลที่มีเสถียรภาพสูงกว่า C-H

ในปัจจุบันพลาสติกมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น ใช้ทำเครื่องใช้ไม้สอยประจำวัน อุปกรณ์การก่อสร้าง เครื่องมือการแพทย์ ฯลฯ เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ต่างๆ กันไปแล้วแต่ชนิดของพลาสติก โดยทั่วไป Plastics สามารถที่จะแบ่งกลุ่มตามคุณสมบัติได้ 2 ประเภทคือ เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) และเทอร์โมเซตติง (Thermosetting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมพลาสติก

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) หรือพลาสติกอ่อนเป็นพลาสติกที่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกเพราะเมื่อถูกความร้อนจะอ่อนตัวหลอมละลาย และเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวสามารถนำไปหลอมละลายกลับไปใช้ได้ อีกดั่งนั้นเศษหรือของที่ใช้แล้วที่ทำจากพลาสติกชนิดนี้จึงสามารถนำไปบดแล้วหลอมใช้ใหม่ได้ เช่น ถุงพลาสติกใสโพลีเอทิลีน หลอดกาแฟ ขวดยา พลาสติกท่อสายยางรดน้ำ ต้นไม้ เชือกพลาสติกและเปลือกสายไฟ เป็นต้น พลาสติกเหล่านี้ไม่ควรใช้งานเกินกว่า 80°C เพราะจะอ่อนตัวมารับภาระไม่ได้ ตัวอย่างของพลาสติกอ่อน ได้แก่

1. ไนลอน (Nylon หรือ Polyamide) พลาสติกชนิดนี้พัฒนาขึ้นโดย ดับบลิวเอช คาโรเธอร์ (WS" Carother) ออกเผยแพร่สู่ตลาดเมื่อปี ค.ศ. 1938 ในรูปของสิ่งทอ เมื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนเส้นไหมในอุตสาหกรรมทำถุงเท้า ไนลอนเป็นวัสดุมีคุณสมบัติตามธรรมชาติ มีน้ำหนักเบา รับแรงดึงอัดได้ดี ทนการขีดข่วน เป็นฉนวนไฟฟ้าแรงสูง ทนกรดชนิดอ่อนและด่างได้ เนื้อของไนลอนมีความโปร่งแสงข้อมเป็นสีต่าง ๆ ได้ ใช้งานไม่ควรสูง 100 °C ไนลอนใช้ทำร่มชูชีพ ถุงเท้า เสื้อผ้า ค้อนพลาสติกอาร์ว ท่อส่งน้ำมัน แบร์ริง บูช เฟืองพลาสติก ทำแท่งเลื่อน อวนดักปลา

2. โพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือพลาสติก พีอี (PE) ทำจากแก๊สเอทิลีน (Ethylene C_2H_4) เป็นแก๊สจากอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมัน กรรมวิธีคือ นำแก๊สมาอัดจนได้ความดันสูงถึง 3,000 บรรยากาศ ให้แก๊สนี้ไหลผ่านตัวเร่ง (Catalyst) โมเลกุลแก๊สเอทิลีน (C_2H_4) ทั้งหลายจับต่อ ๆ กัน ขาวเป็นโมเลกุลใหม่ ใหญ่ขึ้นมากกว่าเดิมเป็น โพลีเอทิลีน Polyethylene) แปลว่า จำนวนมาก ๆ คุณสมบัติ ลักษณะมันลื่นคล้ายขี้ผึ้ง ยึดตัวได้ดี เนื้อใสเมื่อบาง และขุ่น เมื่อหนาไม่ทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันก๊าด แบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

- ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE = Low Density Polyethelene) ใช้มากที่สุดในประเทศไทย ใช้ทำถุงพลาสติกแบบใสโพลีเอทิลีนที่เรียก “ถุงเย็น” เพราะถูกความร้อนไม่ได้ ถุงน้ำ ถุงทิ้งขยะ ดอกไม้พลาสติก ตุ๊กตาเด็กเล่น กระจบ้อง ขันดักน้ำ ขวดชนิดขุ่น นิ่ม ลังใส่น้ำอัดลม เป็นต้น

- ชนิดความหนาแน่นสูง (MOPE = Medium Density Polyethelene) ใช้ผลิตเครื่องถ้วยชาม
- ชนิดความหนาแน่นสูง (HOPE = High Density Polyethelene) ใช้ทำขวดพลาสติก เชือกพลาสติก อวนจับปลา

- โคโพลิเมอร์ (Copolymer) ผลิตเครื่องใช้ในครัวเรือน โรงงานผลิตเม็ดพลาสติก โพลีเอทิลีนอยู่ที่จังหวัดระยอง ใช้แก๊สธรรมชาติในอ่าวไทยเป็นวัตถุดิบ

3. โพลีสไทรีน (Polystyrene) หรือพลาสติก พีเอส (PS) นำมาใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1935 มีปริมาณการผลิตมากที่สุดชนิดหนึ่งมีน้ำหนักเบา หดตัวน้อยมาก

คุณสมบัติ มีทั้งชนิดใส ฝ้า และทึบ ข้อมสีได้ ทนความร้อน ไม่ทนต่อน้ำมันเบนซิน

เอกสารที่แนบแต่ทกรด ต่างและเกลือ ได้ดี ผิวเป็นรอยขีดข่วนได้ง่าย อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โพลีโพรไพลีน (Polypropylene) หรือพลาสติก PP มีคุณสมบัติคล้ายกับพลาสติก ชนิดพีอี แต่ทนความร้อนได้ดีกว่า แข็งแรงกว่า คุณภาพดีกว่า ราคาแพงกว่า ใช้ทำถุงช้อนใส่อาหารร้อนที่เรียกว่า “ถุงร้อน”

5. โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) หรือ PC เป็นพลาสติกที่มีความแข็งแรงมากที่สุด ทนต่อแรงกระแทกได้สูง มีความเหนียว ใช้ทำอุปกรณ์สื่อสาร โทรคมนาคม มีความใสและสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามที่ต้องการได้ใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 6 – 180 °C

6. อะครีลิก (Acrylic) เป็นพลาสติกที่ใช้ในงานส่งกำลังเบา ๆ ได้ดี ง่ายต่อการขึ้นรูปและทนความชื้นได้ อะครีลิกมีชื่อเรียกในท้องตลาดว่า เพลลิกลาส และลูไซท์ หรือโพลีกลาส ประโยชน์ใช้ทำฝาครอบเครื่องบิน หน้าปัดเครื่องมือวัด หน้าปัดนาฬิกา แวนพลาสติก ป้ายร้านค้า และค้ำเครื่องมือต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้ในงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์อีกด้วย

7. เซลลูโลส (Cellulose) เป็นพลาสติกที่ได้จากธรรมชาติ ทำจากเยื่อไม้และฝ้าย เป็นพลาสติกพวกแรกที่นำมาใช้งานด้านอุตสาหกรรมที่รู้จักกันดีในชื่อ เซลลูลอสอะซิเตตจำแนกออกเป็น 5 ชนิด

- เซลลูโลสไนเตรด (Cellulose Nitrate) เป็นพลาสติกที่เหนียวที่สุด ใช้ทำฟิล์มภาพยนตร์ ทำคิโนระเบิด

- เซลลูโลส อะซิเตต (Cellulose Acetate) ใช้ห่อหุ้มวัสดุ เป็นฉนวนไฟฟ้าฟิล์มถ่ายรูป

- เซลลูโลส อะซิเตต บูไทเรต (Cellulose Acetate Butyrate) เป็นพลาสติกที่ย้อมสีได้เกือบทุกสี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่แข็งแรง ใช้ทำค้ำเครื่องมือ สายพาน กรอบแว่น

- เซลลูโลส โพรพิโอเนต (Cellulose Propionate) ใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ปากกา ดินสอ หูโทรศัพท์ ของเด็กเล่น ชิ้นส่วนวิทยุ โทรศัพท์

- เอธิล เซลลูโลส (Ethyl Cellulose) เป็นพลาสติกที่แข็งแรงที่สุดในกลุ่มเซลลูลอส ไม่ทนต่อกรด ด่าง และน้ำมัน นำมาทำขอบโต๊ะ อุปกรณ์ไฟฟ้า กระจกไฟฉาย

8. ไวนิล (Vinyl) หรือโพลีไวนิลคลอไรด์ ตามท้องตลาดเรียกว่า พีวีซี คุณสมบัติ ทนต่อสารเคมี ไม่สกปรกง่าย

ประโยชน์ ใช้ทำท่อน้ำประปา (ท่อเอสลอน) สายยางรดน้ำต้นไม้ เปลือกสายไฟ รองเท้าแตะขูดชนิดใสแข็ง กระเบื้องยาง หนังสือพิมพ์ ฝาถัง ของเป่าลม ห่วงชูชีพ หมอนยาง ท่อนล้อยาวน เลื่อยกันฝนของใส่รถบัสและแกลลอนใส่น้ำมัน

9. โพลีไคไมด์ (Polyimide) หรือ พีไอ (PA) เป็นพลาสติกชนิดไม่หลอมละลาย แม้จะอยู่ในพวกพลาสติกอ่อน แต่มีคุณสมบัติคล้ายพลาสติกแข็ง พลาสติกชนิดนี้ทนความร้อนได้

ประโยชน์ ใช้ทำชิ้นส่วนยานอวกาศ ท่อยาง น้ำยาเคลือบลวดไฟฟ้า อุปกรณ์มีเตอร์วัดน้ำ แหวนลูกสูบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมเซตติงพลาสติก

เทอร์โมเซตติงพลาสติก (Thermosetting) คือ พลาสติกที่รูปทรงถาวร เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน และความดันจะนำไปหลอมละลายอีกไม่ได้ เปรียบเสมือนไข่เมื่อนำไปต้มสุกแล้วจะทำให้เหลวเหมือนเดิมอีกไม่ได้ ในประเทศอังกฤษเรียกเทอร์โมเซตติงอีกชื่อหนึ่งว่า ดุโรพลาสติก (Duroplastics) เทอร์โมเซตติง พลาสติกแข็งมีหลายชนิด ได้แก่

1. อามิโน (Amino) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

- ยูเรีย (Urea)
- เมลามีน (Melamine)

คุณสมบัติทั่วไป อามิโนมีน้ำหนักมากกว่าพลาสติกทั่ว ๆ ไปเล็กน้อย คือ มี ถ.พ. ระหว่าง 1.47 – 1.55 รังแรงดึงได้ดีพอสมควร รับแรงอัดและแรงบิดงอได้ดีมาก ผสมใยหิน จะทนความร้อนได้ 204.4°C ทนความเย็นได้ -21.1°C เนื้อแข็งทนการขีดข่วนได้ดี ไม่เหมาะกับการใช้ภายนอก ถูกแสงแดดจะซีดและเสื่อมคุณภาพ มีสีต่าง ๆ มีทั้งผ้าและทึบแสงชนิดผ้ากระจายแสงได้ดีมาก ใช้ทำฝาครอบโคมไฟฟ้า

คุณสมบัติทางไฟฟ้า เป็นฉนวนไฟฟ้า

คุณสมบัติทางเคมี ทนกรดต่างชนิดอ่อนได้ ทนสารเคมีอื่น ๆ เช่น ผงซักฟอก น้ำมัน ไขมัน ทินเนอร์ ดูดซึมน้ำได้บ้าง น้ำอากาศแห้งจะทำให้เกิดคราบเปื้อนได้

2. อีพอกซี (Epoxy) นำมาใช้ในอุตสาหกรรมราวปี ค.ศ. 1947 รู้จักอย่างแพร่หลาย ในรูปของกาวติดโลหะ และผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสชนิดดี

คุณสมบัติทั่วไป อีพอกซีมีน้ำหนักปานกลาง มี ถ.พ. ระหว่าง 1.11 – 1.8 รับแรงดึง แรงอัดแรงกระแทกได้ดี ในรูปของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสสามารถรับแรงดึงได้ถึง 65,000 ปอนด์/ตร.นิ้ว ซึ่งมากกว่าเหล็กโครงสร้างรับได้เพียง 60,000 ปอนด์/ตร. นิ้ว ใช้ทำกาวติดชิ้นงานได้ดี เช่น โลหะ แก้ว พลาสติก เซรามิก ยาง โดยไม่คำนึงถึงลักษณะของผิวจะเรียบหรือขรุขระ

คุณสมบัติทางไฟฟ้า อีพอกซีมีการหดตัวน้อยมาก เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีทนไฟอาร์ค ทนความร้อนได้ถึง 315.5°C ความเย็นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้

คุณสมบัติทางเคมี ทนกรด ต่าง และสารละลายได้ดี ดูดซึมน้ำในอัตราต่ำ

ประโยชน์ ในรูปของเหลวใช้ทำกาวชนิดดีติดวัตถุต่าง ๆ วัสดุเคลือบผิว เช่น เคลือบพื้น โรงพิมพ์เย็บม เย็บกระดาษเคลือบกรอบหน้าเครื่องโทรทัศน์

ในรูปของผลิตภัณฑ์ อีพอกซีนิยมนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสชนิดดี ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์ รถยนต์

ในรูปโฟม ใช้ทำเป็นไส้เพื่อลดน้ำหนักและเพิ่มความแข็งแรงในโครงสร้างแบบแซนด์วิช

3. ฟีนอลิก (Phenolic) พลาสติกชนิดนี้รู้จักดีในชื่อ เบกเกอไลท์ ค้นพบโดย Dr. Leo

เฮนดริก แบคเคิลิก และจัดทะเบียนลิขสิทธิ์ในปี ค.ศ. 1909 มีชื่อทางเคมีว่า ฟีนอลฟออร์มาดีไฮด์ การค้าไม่ว่ารณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระยะแรก พอลิเอสเตอร์จะมีเฉพาะสีเข้ม เช่น น้ำตาลแก่ และสีดำเท่านั้น และทึบแสง แต่ในปัจจุบันสามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้

4. โพลีเอสเตอร์ (Unsaturated Polyester) เรารู้จักโพลีเอสเตอร์ดีในรูปของผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาส เพราะกว่า 80% ของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ทำจากโพลีเอสเตอร์

แอกทิล เป็นโพลีเอสเตอร์ชนิดเทอร์โมเซตติง นิยมนำไปใช้ทำเคลือบสีแลคเกอร์ ถ้ายาเคลือบผิวชนิดอื่น ๆ อย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นยังใช้ทำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย

คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปมี ถ.พ. ระหว่าง 1.1 – 1.5 หากเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสจะมี ถ.พ. ระหว่าง 1.5 – 2.28 ในรูปผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสรับแรงดึง แรงอัด และแรงบิดงอได้ดี ผิวหน้ามีความแข็งแรงพอสมควร ถูกแดดซีด ทนสภาพอากาศภายนอกได้ดี มีสีต่าง ๆ มากมายเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทนกรดต่างชนิดอ่อนได้

ประโยชน์ นิยมใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์กลาสมากที่สุด เพราะทนความร้อนได้ระหว่าง 121.1-176.6°C เช่น เรือ รถยนต์ ชิ้นส่วนในเครื่องบินถังบรรจุของเหลว เฟอร์นิเจอร์ ส่วนประกอบในอาคาร เช่น ช่องใช้แสง แผงกันแดด หลังคาโพลีเอสเตอร์ประเภทเทอร์โมพลาสติกนิยมใช้ทำเป็นเส้นใย ใช้ทอเป็นเสื้อผ้า ใช้ทำฟิล์ม โมลาร์ ซึ่งใสเหนียว และใช้ทำเทปบันทึกเสียงเป็นฉนวนไฟฟ้าดี

5. ซิลิโคน (Silicone) พลาสติกชนิดนี้เริ่มค้นคว้าโดยนักเคมีชาวเยอรมันในปี ค.ศ. 1870 จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1930 บริษัท เฮนรอลลีไฮเดคริก และบริษัทคอร์นิงกลาส ของอเมริกา ได้ร่วมกันค้นคว้าต่อจนประสบความสำเร็จผลิตออกมาเพื่อใช้ทำอุตสาหกรรมได้

คุณสมบัติทั่วไป ซิลิโคนเป็นพลาสติกที่หนักชนิดหนึ่ง มี ถ.พ. ระหว่าง 1.6 – 2.0 มีใช้ทั้งรูปของเหลวและคงรูป รังแรงดึง และแรงอัด แรงบิดงอได้ปานกลาง ทึบแสง สามารถทำเป็นสีได้แต่ไม่จำเป็น เพราะซิลิโคนถูกนำไปใช้งานจริง ๆ มากกว่าเป็นส่วนตกแต่ง ซิลิโคนทนความร้อนและความเย็นได้ดี ใช้อุณหภูมิ 65.5 – 315.5°C ถ้าผสมใยแก้วหรือวัตถุทนความร้อนอื่นได้ถึง 482.2°C ซิลิโคนติดไฟได้ช้ามากแต่เป็นตัวนำความร้อนได้ดีในพวกพลาสติกด้วยกัน

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของซิลิโคนดีมาก เป็นฉนวนได้ดีทั้งกระแสไฟฟ้า ความถี่ต่ำและความถี่สูง

คุณสมบัติทางเคมี ซิลิโคนทนกรดและด่างได้เกือบทุกชนิด ไม่เกาะติดง่ายไม่ว่าจะเป็นพลาสติก ยาง แก้ว หรือโลหะจึงเหมาะทำเป็นน้ำยาถอดแบบ

ประโยชน์ ทำขางแม่แบบชนิดทนความร้อน ยางขอบบานปิดเปิดในยานอวกาศใช้ปูพื้นขอบสระน้ำเพื่อกันลื่น เส้นขาวบนถนน ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า น้ำยาถอดแบบในอุตสาหกรรมหลายประเภท

6. ยูเรเทนหรือโพลียูเรเทน (Urethane หรือ Polyurethane) พลาสติกชนิดนี้ค้นพบโดย Wurtz แห่งเยอรมัน เป็นที่รู้จักกันดีขึ้นในระยะก่อนสงครามโลกครั้งที่สองในสหรัฐอเมริกา ได้เริ่มใช้ในอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 1945 ยูเรเทนโฟม แต่ก่อนมีชื่อเรียกว่าไอโซไซยานเนต และโพลีเอสเตอร์โฟม

คุณสมบัติ ยูเรเทนมี ถ.พ. 1.15 – 1.20 ในรูปโฟมมีน้ำหนักเบาเพียง 1.5 ปอนด์/ลบ.ฟุต

รูปแข็งด้วยยูเรเทนทนการสึกกร่อนได้ดี เหนียว ทนทาน ทนสารเคมี เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ทั้งยอมให้คลื่นวิทยุ เรดาร์และเอกซเรย์ผ่าน ได้ด้วย ทนความร้อน ไม่ติดไฟง่าย

ประโยชน์ ปัจจุบันยูเรเทนถูกนำมาใช้ในรูปโฟมหรือฟองน้ำมาก

โฟมหรือฟองน้ำชนิดอ่อนตัว ใช้ทำฟองน้ำชนิดต่าง ๆ กัน เช่น เบาะรถยนต์ เบาะเฟอร์นิเจอร์ เบาะที่นอน ยางรองพรม แผ่นกันเสียงและความร้อน ฯลฯ

โฟมชนิดแข็งตัว นิยมใช้ฉีดเข้าไปในปีกเครื่องบิน ท้องเรือ ผนังห้องเย็น ตู้เย็น เพื่อให้เกิดความแข็งแรง เป็นฉนวนความร้อน ทำยาเคลือบผิววัสดุต่าง ๆ เช่น ไม้ โลหะ ยาง ผ้า คอนกรีต กระดาษ หนังสือและอื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวางอีกด้วย

7. ฟูราน (Furan) พลาสติกชนิดนี้ผลิตขึ้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี จากกรดกับเมล็ดฝ้ายและกลีบ เป็นวัสดุที่ไม่เหมือนกับพลาสติกแข็งชนิดอื่น เพราะจะยังคงสภาพเหลวจนกว่าจะถูกนำไปใช้งานวัสดุชนิดนี้นำไปใช้กับอุตสาหกรรมผลิตล้อยินเจียระไนได้ดีทนต่อการกัดกร่อนของน้ำ

4. แก้ว (Glass)

แก้ว (Glass) ทำขึ้นในลักษณะต่าง ๆ กันและนำมาใช้ประโยชน์นานาชนิด คนจำนวนไม่น้อยที่ต้องใช้แว่นตาอ่านหนังสือ หรือช่วยให้มองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้ชัดเจนขึ้น กระจกหน้าต่างด้วยแก้ว หลอดไฟฟ้า ขวด และภาชนะใส่เครื่องมือต่าง ๆ กระจกรถยนต์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละอย่างก็ทำมาจากแก้วต่างชนิดกัน เนื่องจากความต้องการคุณสมบัติในการใช้งานต่างกัน

คุณสมบัติของแก้ว

- โปร่งแสง และโปร่งใส เมื่อบริสุทธิ์จะใสมาก เช่น กระจกหน้าต่าง
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี เช่น เคลือบถ้วยสำหรับเดินสายไฟแรงสูง
- เป็นตัวนำความร้อนที่เลว เช่น ภาชนะใส่อาหาร เครื่องดื่ม กระจกน้ำร้อน
- ทนต่อการทำปฏิกิริยาของกรด และด่าง
- ป้องกันการซึมของน้ำและอากาศได้ดี เช่น ทำขวด ทำแก้วน้ำ หลอดไฟฟ้า หลอดวิทยุ
- ทนต่อแรงอัดและแรงดึงได้ดี
- มีความแข็งสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทนต่ออุณหภูมิได้สูง
- สามารถทำให้อ่อนตัวได้ด้วยความร้อน

วัตถุดิบที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตแก้ว

สารที่ใช้ในการทำแก้วเกิดอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน สารเหล่านี้แบ่งออกเป็นพวก ๆ ตามหน้าที่ ดังนี้

1. สารอันเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดเนื้อแก้ว

- ทรายซิลิกา (SiO_2) หรือเรียกว่า ทรายแก้ว ทรายชนิดนี้เป็นทรายที่ได้จากการแตกตัวของแร่ควอตซ์ การหลอมต้องใช้ความร้อนสูงถึงจะหลอมละลายที่อุณหภูมิ $1,200^\circ\text{C} - 1,500^\circ\text{C}$ มีความใสและมีราคาถูก

- ควอตซ์ หรือเรียกว่า “หินเขียวหนุมาน” แร่ควอตซ์ส่วนใหญ่พบในลักษณะเป็นสารแร่เป็นหินก้อนสีขาว ผลึกควอตซ์มีลักษณะเป็นผลึกใสหกเหลี่ยม เรียกว่า “โป่งข่าม”

2. ตัวลดอุณหภูมิในการหลอมแก้ว

- โซดาแอช (NaCO_3) ทำมาจากเกลือหรือเกลือสินเธาว์ หินปูน และแอมโมเนีย มาผสมกันแล้วนำมาเผา ทำให้อุณหภูมิในการหลอมเหลวของแก้วต่ำลง แต่แก้วที่ได้จะเปราะ

- หินปูน (CaCO_3) นอกจากจะช่วยลดอุณหภูมิแล้ว ยังเป็นตัวที่ทำให้แก้วมีความเหนียวมากขึ้น

- เศษแก้ว (Cullet) มีคุณสมบัติหลอมละลายได้เร็วอยู่แล้ว เป็นตัวเชื้อที่ทำให้ให้อุณหภูมิหลอมแก้วต่ำลง

- โพแทสเซียมคาร์บอเนต ทำหน้าที่เหมือนโซดาแอชผสมกับหินปูน ทำให้อุณหภูมิในการหลอมแก้วสูงขึ้น แต่จะทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวของแก้วน้อยลง ไม่เกิดฟอง เนื้อแก้วที่ได้จึงใสกว่าแก้วที่ผสมโซดาแอช ราคาแก้วจึงแพงกว่า

- บอโรซิลิเกต ถ้าใช้บอโรซิลิเกตผสมแทนโซดาแอชจะทำให้ให้อุณหภูมิในการหลอมแก้วสูงกว่าโพแทสเซียมคาร์บอเนต แต่แก้วที่จะได้จะมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำที่สุด ทนต่ออุณหภูมิสูง ๆ ทนกรดได้ ทนด่างได้ดี ไม่เกิดฟอง เป็นแก้วที่มีเนื้อแข็งมากที่สุด เนื่องจากใช้เชื้อเพลิงมากในการหลอม ราคาจึงแพงมาก

3. สารเพิ่มความแวววาวให้แก้ว

ตะกั่วออกไซด์ เมื่อผสมลงไปในขณะที่หลอมแก้วจะทำให้แก้วใสและมีความแวววาวสูงขึ้น มีน้ำหนักมากขึ้น ป้องกันรังสีเอกซ์เรย์ได้ดี ราคาแพง เหมาะใช้ทำเลนส์กระจกแว่นตา แท่งปริซึม

ตารางที่ 2.1 สารที่ทำให้แก้วเป็นสีต่าง ๆ

สาร	ให้สี
- แคลเมียมซัลไฟด์	เหลือง
- โคบอลต์ออกไซด์	น้ำเงิน
- คอปเปอร์ซัลเฟต(จุนสี)	ฟ้า
- สารประกอบของโครเมียม	เขียว
- แมงกานีสไดออกไซด์	ม่วง
- ซิลิเนียม, กลอไรด์	แดง

4. สารอื่น ๆ ใช้ผสมในแก้วเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติ เช่น

1. ตัวฟอกสี เพื่อให้เนื้อแก้วสะอาดปราศจากสิ่งสกปรก และสีต่าง ๆ เช่น ซิลิเนียม
2. ตัวไล่ฟองอากาศ เช่น โซเดียมซัลเฟต แอมโมเนียซัลเฟต
3. ตัวลดออกซิเจน เช่น โซเดียมไนเตรท
4. ตัวควบคุมความหนืด เช่น ฟลูออรีน สปาร์

ขั้นตอนในการผลิตแก้ว

การผลิตภาชนะแก้วแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ

1. การเตรียมส่วนผสม

1.1 ททรายแก้วที่มีคุณภาพถูกต้องจะถูกลำเลียงไปตามสายตะแกรงร่อนเพื่อร่อนเอาสิ่งสกปรกออกหลังจากนั้นต้องชั่งให้น้ำหนักตามต้องการ พร้อมทั้งจะนำไปผสม

1.2 หินปูนหรือแร่บางชนิดที่ใช้ผสมแก้ว จะถูกนำมาทำความสะอาดเสียก่อนแล้วจึงบดให้ละเอียดในเครื่องบด ร่อนให้ได้ขนาดตามมาตรฐานชั่งน้ำหนักที่ต้องการ

2. การหลอม ส่วนผสมที่ได้ป้อนเข้าสู่เตาหลอม โดยเครื่องเติมส่วนผสมทางช่องท้ายเตา ซึ่งก่อด้วยอิฐทนไฟอย่างดี มีน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เมื่อส่วนผสมหลอมละลาย จะได้สารประกอบใหม่ กลายเป็นเนื้อแก้ว เนื้อแก้วที่ปราศจากฟองก๊าซ มีความหนาแน่นสูงกว่า ส่วนอื่นจะจมลงสู่ระดับพื้นเตา ลอดช่องตักแก้วที่เรียกว่าคอก ไปยังห้องแก้วใส อุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 1,200°C เพื่อให้แก้วมีความหนืด พอเหมาะในการที่จะทำรูปพรรณต่อไป

3. การทำรูปพรรณ แก้วเหลวจากห้องแก้วใสจะไหลไปตามรางที่ทำด้วยอิฐทนไฟซึ่งรวมเรียกว่าเครื่องป้อนแก้ว ผ่านการคูลิ่งแล้วทำเป็นก้อน เรียกว่า ก้อนแก้ว สามารถควบคุมน้ำหนักได้แน่นอน ก้อนแก้วนี้นำไปใส่ในแบบเป่า เรียกว่า การเป่าขึ้นรูป หรือถูกใส่ลงไปในเครื่องปั๊ม เรียกว่า การกดอัดขึ้นรูป

4. การอบ แก้วที่ได้ต้องนำมาอบเพื่อการควบคุมอัตราการเย็นตัวของเนื้อแก้วให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ มิฉะนั้นแล้วแก้วจะแตกเนื่องจากแรงเค้นในเนื้อแก้วที่เกิดขึ้น เตาอบปกติยาวประมาณ 20 เมตร มีสายพาน โลหะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วได้ อุณหภูมิจากหัวเตาอบประมาณ 600°C ขึ้นอยู่กับประเภทของแก้ว และลดลงเรื่อย ๆ จนถึงท้ายเตาอบเหลือประมาณ 60°C

5. การตกแต่ง ภาชนะแก้วบางชนิด เช่น ขวดน้ำอัลคอล์ม ต้องประทับตราบริษัทที่ลำเลียงไปประทับตราโดยวิธีการพิมพ์ด้วยสกรีน การตกแต่งอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ การเจียรไนโดยการนำภาชนะแก้วที่ต้องการทำลายลายไปสัมผัสกับสารที่มีความแข็งสูงกว่าแก้ว เช่น พวกกากเพชรที่กำลังหมุนรอบตัวเองด้วยความเร็วสูง เราก็จะได้ทำลายลงบนแก้วนั้น ๆ

2.2 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สุพิทย์ กาญจนพันธ์ (2541 : 52) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง กลวิธีการสอนที่เน้นให้มีการกระทำระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และความทรงจำ

สุกรี รอดโพธิ์ทอง (2535 : 40) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์หลายๆ รูปแบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสอน และการรับรู้ของผู้เรียน

ปิ่น ภู่วรรณ (2529 : 114) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้นำเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์ จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบมาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสม สำหรับนักเรียนแต่ละคน

ถนอมพร เลหจรัสแสง (2541 : 17) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง โปรแกรมที่บรรจุด้วยเนื้อหาของความรู้ ในลักษณะภาพนิ่ง เสียง ภาพเคลื่อนไหว และระบบจำลองพัฒนาการณต่างๆ ที่ผู้เรียนสามารถเลือกชนิดของเนื้อหา และกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละบทเรียน

นิรมิต สุขภมมา (2536 : 6) คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง กระบวนการที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการเสนอเนื้อหาเรื่องราว การทบทวน การทำแบบฝึกหัด การวัดผลในขณะที่เรียน มีการตอบโต้กับเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา เป็นการเรียนรู้แบบปฏิสัมพันธ์ ก่อให้เกิดการเรียนรู้แบบเอกลักษณ์บุคคล การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนตามอัตราความก้าวหน้าของตนเองอย่างกระตือรือร้นรู้ผลได้ทันที

จากความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน พอสรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาเป็นสื่อในการเรียนการสอน ประกอบไปด้วยเนื้อหาวิชา แบบฝึกหัดแบบทดสอบ ลักษณะของการนำเสนออยู่ในกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว สีและเสียงเพื่อเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจมากขึ้น และผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเองและโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้ในวงการศึกษา มีหลายประเภท ซึ่งจำแนกตามแนวคิดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กิดานันท์ มลิทอง (2540 : 229-232) ได้ดังต่อไปนี้

1. แบบฝึกหัด (Drill and practice) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ไม่ได้มีการนำเสนอเนื้อหาใหม่แต่มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกความคล่องแคล่ว แม่นยำและใช้เวลาในการทำกิจกรรมทบทวนเนื้อหาที่เรียนมาแล้วรูปแบบของภาระงานในบทเรียนรูปแบบนี้คอมพิวเตอร์จะเสนอคำถาม ตั้งปัญหา กำหนดสถานการณ์แล้วให้นักเรียนตอบคำถาม แก้ปัญหาโดยการเลือกพิมพ์ข้อความ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะตรวจคำตอบ และให้ข้อมูลย้อนกลับทันที ถ้าคำตอบถูกต้องนักเรียนสามารถศึกษาปัญหาต่อไป แต่ถ้าตอบผิดนักเรียนต้องพยายามหาคำตอบใหม่ บทเรียนประเภทนี้จึงเหมาะสำหรับการฝึกทบทวนก่อนที่จะเรียนเนื้อหาใหม่หรือเรียนทักษะย่อยก่อนที่จะเรียนทักษะใหม่ต่อไป

2. รูปแบบการสอน (Tutorial) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีการนำเสนอเนื้อหาใหม่ให้กับผู้เรียนซึ่งในบทเรียนจะมีการกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม การนำเสนอเนื้อหาอยู่ในรูปของข้อความ ภาพ เสียง สถานการณ์จำลอง หรืออาจจะใช้ทุกรูปแบบรวมกัน รวมทั้งการแสดงตัวอย่างแล้วให้นักเรียนตอบคำถาม หลังจากนั้นคอมพิวเตอร์จะวิเคราะห์คำตอบ และให้ข้อมูลย้อนกลับทันที ถ้าผู้เรียนตอบคำถามผิดก็จะมีนำเสนอเนื้อหาใหม่อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ผู้เรียนทบทวนและพยายามตอบคำถามจนกว่าจะถูกต้อง

3. การแก้ปัญหา (Problem-solving) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนฝึกใช้ทักษะการคิด การตัดสินใจ โดยคอมพิวเตอร์จะนำเสนอปัญหาหรือสถานการณ์ที่กระตุ้นหรือท้าทายให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหา ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของปัญหา ปริศนา สถานการณ์ที่ผู้เรียนต้องเลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ในกรณีที่ผู้เรียนเป็นเด็กเล็ก การนำเสนอปัญหาอาจจะใช้ตัวการ์ตูนเป็นตัวนำนักเรียนไปสู่ปัญหา แล้วให้นักเรียนแยกคำที่เหมือนหรือแตกต่าง ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่เน้นให้ผู้เรียนฝึกการแก้ปัญหาสามารถช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา สรุปสาระสำคัญ แยกสิ่งเหมือนและแตกต่างออกจากกันได้จึงเหมาะกับเนื้อหาในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ดังนั้นครูควรเลือกบทเรียนที่สอดคล้องกับจุดประสงค์และท้าทายความสามารถของผู้เรียนได้เหมาะสมกับแต่ละระดับชั้นที่เรียน

4. เกมทางการศึกษา (Instructional games) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอกิจกรรมในรูปแบบของเกม ซึ่งช่วยสร้างแรงจูงใจ ความสนใจ เกิดความสนุกสนาน เพิ่มบรรยากาศในการเรียนให้กับผู้เรียน ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่เป็นแบบฝึก (Drill and practice) อาจจะมีเกมเข้าไปสอดแทรกในการนำเสนอเนื้อหาหรือแบบฝึกหัด เช่น ในกิจกรรมที่ให้นักเรียนเลือกคำที่สะกดถูกต้องอาจจะนำเสนอในรูปแบบของเกมยิงต่อสู้ นักเรียนต้องพยายามยิงทำลายคำศัพท์ที่สะกดผิด

อย่างไรก็ตามเกมทางการศึกษาอาจจะทำให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่ก้าวร้าวมากขึ้น ดังนั้นครูควรไม่ใช้เกมใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตพฤติกรรมในการเรียน และเลือกเกมที่เหมาะสม ซึ่งควรเป็นเกมที่ให้ผู้เรียนทุกคนได้มีส่วนร่วม ไม่ควรให้ผู้เรียนต้องนั่งเล่นคนเดียว และหลังจากการเล่นเกมควรมีการอภิปรายถึงเนื้อหาสาระที่สอดแทรกอยู่ในเกม

5. การจำลอง (Simulation) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีการจำลองจากความเป็นจริง โดยตัดรายละเอียดต่างๆ หรือนำกิจกรรมที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาให้ผู้เรียนได้ศึกษา เป็นการเปิด โอกาสให้ผู้เรียน ได้พบเห็นภาพจำลองของเหตุการณ์เพื่อการฝึกทักษะและการเรียนรู้ โดยไม่ต้องเสี่ยงภัยหรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก รูปแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการจำลองจะประกอบด้วย การนำเสนอข้อมูล การแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติ เพื่อเพิ่มพูนความชำนาญ และความคล่องแคล่ว และการให้เข้าถึงซึ่งการเรียนรู้ต่างๆ ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรูปแบบนี้จะมีบทเรียนรูปแบบอื่นแทรกอยู่ด้วย เช่น การสาธิต บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองนี้ มิใช่เป็นการสอนเหมือนกับบทเรียนการสอนแบบธรรมดา ซึ่งเป็นการนำเสนอเนื้อหาความรู้แล้วจึงให้ผู้เรียนทำกิจกรรม แต่การสาธิตเป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเท่านั้น เช่น ในการนำเสนอการจำลองของระบบสุริยะจักรวาลว่ามีดาวเคราะห์อะไรบ้างที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจมีการสาธิตการหมุนรอบตัวเองของดาวเคราะห์เหล่านั้น และการหมุนรอบดวงอาทิตย์ให้ชมด้วย เป็นต้น

6. การค้นพบ (Discovery) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบการค้นพบเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูกหรือโดยวิธีการจัดระบบเข้ามาช่วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียนเพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด ตัวอย่าง เช่น นักขายที่มีความสนใจจะขายสินค้าเพื่อเอาชนะคู่แข่ง บทเรียนคอมพิวเตอร์จะจัดให้มีสินค้ามากมายหลายประเภทเพื่อให้นักขายทดลองจัดแสดงเพื่อดึงดูดความสนใจของลูกค้า และเลือกวิธีการว่าจะขายสินค้าประเภทใดด้วยวิธีการใดจึงจะทำให้ลูกค้าซื้อสินค้าของตน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปว่าควรจะมีวิธีการขายอย่างไรที่จะสามารถเอาชนะคู่แข่งได้

7. การทดสอบ (Test) การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อการทดสอบ มิใช่เป็นการใช้เพียงเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแบบทดสอบเพื่อวัดความรู้ของผู้เรียนเท่านั้น แต่ยังช่วยให้ผู้สอนมีความรู้สึกรู้เป็นอิสระจากการผูกมัดทางด้านกฎเกณฑ์ต่างๆ เกี่ยวกับการทดสอบได้อีกด้วย เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะสามารถช่วยเปลี่ยนแปลงการทดสอบจากแบบแผนเก่าๆ ของปรนัยหรือคำถามจากบทเรียนมาเป็น การทดสอบแบบมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนหรือผู้ที่ได้รับการทดสอบซึ่งเป็นที่น่าสนุกและน่าสนใจกว่า พร้อมกันนั้นก็อาจเป็นการสะท้อนถึงความสามารถของผู้เรียนที่จะนำความรู้ต่างๆมาใช้ในการตอบได้อีกด้วย

2.2.3 องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ถนอมพร เลหาจรัสแสง (2541 : 48) ได้กล่าวว่า การพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้งของเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มีการผลิตซอฟต์แวร์ลงบนแผ่นซีดีรอม เป็นจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบต่างๆ ที่เป็นที่นิยมในกลุ่มเด็กและวัยรุ่น และมัลติมีเดียที่รวบรวมความรู้เกี่ยวกับบุคคลเหตุการณ์ หรือเรื่องราวต่างๆ ที่มีความสำคัญเป็นที่น่าสนใจของคนทั่วไป เช่น พระราชประวัติของสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอฯ ในสวนหลวง ร.9 เป็นต้น เป็นผลให้เกิดความสับสนว่าซอฟต์แวร์เหล่านี้คือ CAI หรือไม่ ดังนั้นจึงได้เสนอองค์ประกอบที่สำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไว้ดังนี้

1. เนื้อหาสาระ (Information) หมายถึง เนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่ทำให้ผู้ใช้เกิดการเรียนรู้ อาจจะเป็นการนำเสนอเนื้อหาแบบทางตรงหรือทางอ้อมก็ได้ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ที่อยู่ในประเภทสอน (Tutorial) แบบฝึกหัด (Drill and Practice) หรือแบบทดสอบ ซึ่งมักจะมีการนำเสนอเนื้อหาโดยตรง และมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ได้ฝึกทักษะในด้านต่างๆ เช่น ทักษะการอ่าน การจำและทำความเข้าใจเนื้อหาต่างๆ ทักษะการคิดคำนวณ เป็นต้น

2. ปฏิสัมพันธ์ (Interaction) หมายถึง การมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกันระหว่างผู้เรียนหรือผู้ใช้กับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ผู้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำเป็นที่จะต้องสร้างสรรค์ออกแบบ เพื่อให้ได้กิจกรรมการเรียนที่ก่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์ที่มีความเกี่ยวเนื่องกับบทเรียน มีความสม่ำเสมอ และเอื้ออำนวยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ความแตกต่างระหว่างบุคคล (Individualization) สื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดี ต้องออกแบบมาในลักษณะที่ตอบสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคลให้มากที่สุด โดยให้ผู้เรียนมีโอกาสควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งสามารถทำได้หลายลักษณะด้วยกัน ได้แก่

3.1 การควบคุมเนื้อหา การเลือกที่จะเรียนส่วนใดหรือข้ามส่วนใดออกจากบทเรียน เมื่อใด หรือย้อนกลับมาเรียนในส่วนที่ยังไม่ได้ศึกษา เช่น มีเมนูหรือรายการที่แยกเนื้อหาตามหัวข้ออย่างชัดเจน หรือปุ่มควบคุมต่างๆ ในการสืบไป (Navigate) ในบทเรียน

3.2 การควบคุมลำดับของการเรียนส่วนใดก่อนหลัง หรือสร้างลำดับการเรียนด้วยตนเอง เช่น ในลักษณะการเรียนเนื้อหาแบบโยงใยหรือ Hypermedia ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะกดเลือกข้อมูลที่ต้องการเรียนตามความสนใจ ความถนัดหรือตามพื้นฐานความรู้ของตนเองได้

3.3 การควบคุม โดยการฝึกปฏิบัติหรือการทดสอบต้องการที่จะทำ เช่น การมีปุ่มควบคุมต่างๆ จัดหาไว้ทุกหน้าที่จำเป็น เช่น ปุ่มเลิก ปุ่มกลับไปหน้าเดิม เป็นต้น นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สามารถตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นอาจจะทำได้โดยการจัดเสนอเนื้อหา หรือแบบฝึกหัดในระดับความยากง่ายที่ตรงกับพื้นฐานความสามารถและความสนใจของผู้เรียน

4. ความสามารถในการให้ผลย้อนกลับ (Immediate Feedback) การให้ผลย้อนกลับ

แก่ผู้เรียนในทันทีเป็นการประเมินความเข้าใจของผู้เรียนและส่งผลต่อการเรียนรู้ในตัวของผู้เรียน โดยสามารถที่จะตรวจสอบผลการเรียนด้วยตนเองว่ามีความเข้าใจในสิ่งที่ศึกษาไปมากน้อยเพียงใด หรือมีความเข้าใจผิดพลาดในส่วนใดหรือไม่อย่างไร ตามความคิดของ Skinner แล้วการให้ผลย้อนกลับถือเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่งความสามารถในการให้ผลข้อมูลย้อนกลับจึงนับว่าเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเมื่อเปรียบเทียบกับสื่อสิ่งพิมพ์หรือโสตทัศนวัสดุอื่นที่ไม่สามารถที่จะประเมินผลการเรียนของผู้เรียนพร้อมกับการให้ผลข้อมูลย้อนกลับโดยฉับพลันได้

องค์ประกอบโดยทั่วไป ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังนี้

1. ข้อความ (Text) หมายถึง ตัวอักษร ตัวเลข หรือ เครื่องหมายเว้นวรรคตอน ที่พิมพ์ขึ้นด้วยแป้นพิมพ์ มีความหลากหลายของแบบ (Style) ตัวพิมพ์ (Font) ขนาด (Size) และสี (Color) รูปแบบของตัวอักษรแต่ละแบบสามารถส่งเสริม ในการแสดงข้อความได้ ขณะที่ตัวอักษรรูปแบบหนึ่งมีประสิทธิภาพในการใช้เป็นหัวข้อ แต่ตัวอักษรอีกรูปแบบหนึ่งจะมีประสิทธิภาพในการอธิบายเนื้อหา เพราะอ่านง่าย ชัดเจน และลดความเครียดของสายตาได้ ส่วนเรื่องของขนาดตัวอักษรช่วยในการแบ่งหัวข้อ และเนื้อหาออกจากกันอย่างชัดเจน

2. ภาพนิ่ง (Still picture) หมายถึง ภาพถ่ายและภาพลายเส้น โดยภาพนิ่งจะมีขนาดใหญ่ เต็มจอ หรือเล็กกว่านั้นก็ได้ อาจจะเป็นภาพวาดหรือภาพสเก็ตก็ได้ และอาจจะเป็นภาพ 2 มิติ หรือภาพ 3 มิติก็ได้ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของจอ และความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่มนุษย์ โดยทั่วไปจะมีความถนัดในการรับรู้ทางภาพดังนั้น ภาพจึงมีอิทธิพลอย่างมากในการนำเสนอข้อมูลแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ภาพนิ่งจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างมากในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ในบางโปรแกรมมีการสะสมภาพกราฟิกไว้ ผู้ใช้สามารถเรียกภาพกราฟิกเหล่านั้นมาใช้ได้แต่อย่างไรก็ตาม ภาพนิ่งเปลืองหน่วยความจำมากกว่าข้อมูลที่เป็นตัวอักษรหลายเท่า

3. ภาพเคลื่อนไหว (Animated picture) สามารถส่งเสริมการเรียนรู้เกี่ยวข้องกับ การเคลื่อนที่ เคลื่อนไหวซึ่งยากแก่การอธิบายด้วยภาพเพียงภาพเดียว หรือหลายภาพ ภาพเคลื่อนไหวช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ไม่ว่าจะเป็นภาพเคลื่อนไหว (Animation) ที่เปลี่ยนทั้งตำแหน่งและรูปร่างของภาพ หรือการเคลื่อนที่ (Moving) ที่เปลี่ยนเฉพาะตำแหน่ง หน้าจอแต่ไม่เปลี่ยนรูปร่างของภาพ

4. เสียง (Sound) เสียงที่ใช้ในคอมพิวเตอร์มี 3 ชนิด คือ เสียงพูด (Voice) ได้แก่ เสียงบรรยาย และบทสนทนาที่ใช้ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เสียงดนตรี (Music) ได้แก่ เสียงพิเศษต่าง ๆ (Sound effect) ที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เช่น เสียงเครื่องบิน เสียงปรบมือ เสียงระฆัง เสียงที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถช่วยให้ ผู้เรียนมีความเข้าใจ

เอกส ปรบมือ เสียงระฆัง เสียงที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถช่วยให้ ผู้เรียนมีความเข้าใจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทเรียนเพิ่มมากขึ้นอีกวิธีหนึ่ง เช่น เสียงของสัตว์ต่าง ๆ ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวอักษรหรือภาพประกอบชนิดต่างๆ มาทดแทนกันได้ การนำเสียงมาใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถให้ข้อที่เข้ากับวิธีการอื่นไม่ได้ผลกับผู้เรียน

5. ปฏิสัมพันธ์ (Interactive Links) หมายถึง การที่ผู้เรียนสามารถใช้เมาส์ชี้แล้วกดที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของหน้า เช่น ที่ภาพปุ่ม ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และบนตัวอักษร เป็นต้น แล้วทำให้เกิดการตอบสนองในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง เช่น เมื่อผู้เรียนกดปุ่มบนเมาส์ในบริเวณเนื้อหาบนหน้าจอที่มีคำว่า “เสียง” จะได้ยินเสียงร้องของช้าง และหากกดปุ่มบนเมาส์ในบริเวณที่มีภาพนิ่งของช้างก็จะได้ชมภาพการเคลื่อนไหวของช้าง เป็นต้น การปฏิสัมพันธ์นี้เมื่อรวมเข้ากับข้อมูลที่โปรแกรมเชื่อมโยงอยู่เรียกว่า Hypermedia ซึ่งสามารถเรียกเฉพาะเจาะจงลงไปได้อีกว่า Hypertext หรือ Hot word, Hyper graphics และ Hyper sound ตามแต่ชนิดของข้อมูลที่โปรแกรมนั้นเชื่อมโยงอยู่ เช่น Hypertext หรือ Hot word จะมีข้อมูลอธิบายเพิ่มเติมเป็นตัวอักษร ส่วน Hyper graphics จะแสดงข้อมูลที่อธิบายเพิ่มเติมเป็นภาพ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีการใช้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เป็นคุณสมบัติเด่นข้อหนึ่งของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนโดยตอบสนองกับผู้เรียนทันทีที่ผู้เรียนให้ข้อมูล การให้ข้อมูลย้อนกลับ สามารถให้ในลักษณะการเสริมแรงผู้เรียน เช่น คำกล่าวที่ว่า “คุณเก่งมาก” “ถูกต้อง” “นายแน่มาก” สำหรับคำตอบที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตามการเสริมแรงนี้ต้องให้ในระดับที่เหมาะสมเช่นกัน

2.2.4 โครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บุรณะ สมชัย (2542 : 23) กล่าวว่าลักษณะโครงสร้างของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หรือ CAI (Computer Assisted Instruction) มี 3 ลักษณะ คือ

1. การนำเสนอ (Presentation) คือ การนำเสนอข้อมูลหรือเนื้อหาบทเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหานั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ เข้าใจตามวัตถุประสงค์ ไม่ว่าจะเป็น ด้านความรู้ ด้านความจำ หรือด้านการนำไปใช้ ในเวลาจำกัด จึงเรียกได้ว่า “มีประสิทธิภาพ” และการที่จะนำเสนอให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องนำเสนอด้วยระบบมัลติมีเดีย ได้แก่

1.1 สไลด์โชว์ (Slide Show) คือ การพลิกไปที่ละหน้า หรือเลื่อนขึ้น ลงเหมือนอ่านหนังสือมีการเชื่อมโยงไปหน้าอื่นที่ต้องการความหมายหรือคำอธิบายเพิ่มเติม โดยไม่จำเป็นต้องเรียนตามลำดับหน้าที่เรียนกันว่า ไฮเปอร์เท็กซ์ (Hyper text) และอาจจะมีเสียงบรรยาย (Sound) หรือเสียงดนตรี

1.2 ภาพเคลื่อนไหว (Animation) คือ การนำเสนอที่มีภาพเคลื่อนไหวในลักษณะเคลื่อนที่ทั้งภาพ (Movement) และภาพเคลื่อนไหว (Animation) เช่น การ์ตูน หรือการทำงานของชิ้นส่วน หรือการทำงานของเครื่องชนิด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 วิดีโอหรือภาพยนตร์ (Video and Movies) คือ การนำเสนอด้วยลักษณะของ ภาพยนตร์โดยจะมีความเหมือนจริงทั้งภาพและเสียง ในบางตอนอาจนำเอาแอนิเมชันมาประกอบ เพื่อให้เข้าใจง่าย เช่น การทำสื่อโฆษณาทางทีวีเป็นต้น ถือได้ว่าเป็นการนำเสนอที่ดีที่สุด

2. การปฏิสัมพันธ์ (Interactive) คือการโต้ตอบกับผู้เรียน ในกระบวนการเรียนการสอนที่มี ประสิทธิภาพที่สุดนั้น จะต้องเป็นแบบสื่อสาร 2 ทาง หรือ “Two-way Communication” เช่น นักเรียนในห้องสามารถถามครูผู้สอนได้เมื่อได้เข้าใจเนื้อหา หรือ ครู-อาจารย์ ชักถามนักเรียน เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ได้ แต่ถ้าคุณครูเสนออย่างเดียว ไม่มีการโต้ตอบหรือสอบถามได้ เช่น ดูทีวี เป็นต้น เรียกว่าสื่อสารทางเดียวหรือ “One-way Communication” ก็จะมีการเข้าใจ ในเนื้อหาบทเรียนได้ระดับหนึ่งขึ้นอยู่กับ “อายุสมาธิ” ของผู้เรียน การปฏิสัมพันธ์จึงจัดเป็น ส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนลักษณะการปฏิสัมพันธ์ (Interactive) กับ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนนั้นได้แก่

2.1 Mouse Click คือ ใช้เมาส์คลิกที่ออบเจกต์ เช่น พลิกหน้า เลื่อนหน้า ขึ้น-ลง เลื่อนซ้าย-ขวา เชื่อมโยงไปหน้าอื่น หรือไปสื่ออื่น เป็นต้น

2.2 Hot key คือ ใช้นิ้วกดแป้นคีย์บอร์ดคลิก เช่น แป้นลูกศร แป้นอักษร Y = Yes (True), N = No (False) เป็นต้น

2.3 Text-Matching คือ การพิมพ์ข้อความตามเงื่อนไข ถ้าตรงตามเงื่อนไขจะเป็นจริง (True) ถ้าไม่ตรงจะเป็นเท็จ (False) เช่น เติมคำในช่องว่างพิมพ์ตัวเลขเพื่อนำไปประมวลผล

2.4 Time คือ กำหนดเวลาให้กระทำ จะเป็นตัวเร่งให้ผู้เรียนมีความสนใจ ต่อเนื้อหา บทเรียน

2.5 Sound คือ การใช้เสียงเป็นสื่อโต้ตอบกับบทเรียน เช่น ฟังการอ่านภาษา ถ้าอ่าน ไม่ถูกหรือเสียงเพี้ยนก็จะให้บททวนใหม่หรือผ่านไปหน้าต่อไปไม่ได้ เป็นต้น

3. การประมวลผล (Evaluation) คือ การประมวลผลการเรียนรู้ของผู้เรียนโดยจะรวบรวม ผลของการโต้ตอบที่ต้องการมาเป็นข้อมูลและคำนวณผลออกมาโดยจะออกมาเป็น “เปอร์เซ็นต์” เป็น “เกณฑ์” หรือเป็น “เกรด” ก็ได้โดยปกติแล้วจะประมวลผลเพื่อเหตุผลต่อไปนี้

3.1 วัดผลการสอบหรือวัดผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้

3.2 หาความเป็นมาตรฐานของข้อสอบ เช่น หาคำตอบเชื่อมั่น ข้อสอบมาตรฐาน

3.3 หาเกณฑ์ตัดสิน เช่น ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือไปเรียนในระดับหรือหน่วยต่อไปได้

บุรณะ สมชัย (2542:14) สรุปการแบ่งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามการเรียนรู้ได้ 3 ส่วน คือ

1. ส่วนเนื้อหาบทเรียน (Mattress) คือส่วนที่เป็นบทเรียน

2. ส่วนแบบฝึกหัด (Practices) คือ ส่วนที่ใช้ทบทวนความรู้ หรือฝึกทักษะ

3. ส่วนแบบทดสอบ (Test) คือ ส่วนที่ใช้วัดผลการเรียนรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างในแต่ละส่วนของบทเรียน

Description	Presentation	Interactive	Evaluation
Mattress	√	√	
Practices	√	√	√
Test	√	√	√

2.2.5 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. ผู้เรียน เรียนได้ตามความช้าเร็วของตนเอง ทำให้สามารถควบคุมอัตราเร่งของการเรียนได้ด้วยตนเอง
2. ผู้สอน สามารถควบคุมการเรียนของผู้เรียนได้ เพราะคอมพิวเตอร์จะบันทึกการเรียนของผู้เรียนแต่ละบุคคลไว้
3. ความสามารถในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ทำให้การเรียนแบบเอกลักษณะบุคคลเป็นไปได้อย่างง่ายดาย ซึ่งครูผู้สอนสามารถออกแบบให้เรียนได้โดยลำพัง
4. การตอบสนองที่รวดเร็วของคอมพิวเตอร์ ทำให้ผู้เรียนได้รับการเสริมแรงที่รวดเร็วด้วย
5. CAI จะช่วยให้การเรียนมีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล มีประสิทธิภาพในแง่ลดเวลา และลดค่าใช้จ่ายลง และประสิทธิผลในแง่ที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย
6. อาจจัดทำโปรแกรมให้มีบรรยากาศที่น่าชื่นชม ซึ่งเหมาะสำหรับผู้เรียนที่เรียนช้า สามารถเอาเสียงดนตรี สี สัน กราฟิกเคลื่อนไหว ซึ่งทำให้ดูเหมือนของจริง และน่าเฝ้าใจในการฝึกปฏิบัติ หรือสถานการณ์จำลองได้เป็นอย่างดี
7. ความแปลกใหม่ของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มความสนใจ ความตั้งใจของผู้เรียนมากขึ้น
8. คอมพิวเตอร์ให้การสอนที่เชื่อถือได้แก่ ผู้เรียน โดยไม่เกี่ยวกับผู้สอนแต่อย่างใด
9. ผู้เรียนที่ค่อนข้างเรียนช้า จะมีผลสัมฤทธิ์สูงขึ้นมากกว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนปกติแม้ว่าสิ่งที่คงเหลือจากการเรียนรู้จะต่ำกว่า เมื่อเทียบกับการเรียนจากห้องเรียนปกติ
10. ผู้สอนกำหนดวิธีการสอนให้ตรงกับความต้องการของผู้เรียนได้ เพราะคำตอบที่ผู้เรียนใช้อาจเป็นแนวให้กำหนดบทเรียนให้ไปช้า เร็ว หรือมีความแตกต่างอย่างนี้ก็ได้
11. คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างแนวความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การใช้หลักการของคอมพิวเตอร์ เพื่อให้โอกาสเด็กแสดงออกในเชิงความคิดสร้างสรรค์ เด็กสามารถสร้างจินตนาการความคิดแบบอิสระได้อย่างเต็มที่
12. ผู้เรียนไม่สามารถแอบพลิกดูคำตอบได้ก่อนซึ่งเป็นการบังคับผู้เรียนให้เรียนรู้จริงๆ ก่อนจึงจะผ่านบทเรียนนั้นไปได้

13. สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับและ ให้การเสริมแรงแก่ผู้เรียนได้อย่างรวดเร็วทั้งในรูปของ ข้อความเสียง และรูปภาพ เมื่อผู้เรียนทำผิดก็สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้ทันที ซึ่งเป็น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้

14. คอมพิวเตอร์สามารถสอนมโนทัศน์และทักษะ ที่เป็นการยากต่อการสอนโดยครูหรือ การเรียนจากตำรา การจำลองสถานการณ์โดยคอมพิวเตอร์จะช่วยสอนให้นักเรียนเรียนได้ง่ายขึ้น และดีขึ้นกว่าการเรียนจากครู

15. ผู้เรียนสามารถควบคุมวิธีการเรียนของตนเองได้

สรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประโยชน์อย่างสูงสุด ในการเรียนการสอนและ เป็นการแก้ปัญหาคความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมี ประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.2.6 หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ Robert Gagne'

Robert Gagne' รุจโรจน์ แก้วอุไร (2545) (Internet : <http://www.thaicai.com/articles/cai4.html>.)

ได้กล่าวถึง หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่เกิดจากการออกแบบในลักษณะ การเรียนการสอนจริงโดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหา และสื่อต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมี ปฏิสัมพันธ์ ระหว่างผู้เรียน และบทเรียนซึ่งประกอบด้วยหลักการ 9 ประการ ดังนี้

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. เร่งเร้าความสนใจ | 6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน |
| 2. บอกวัตถุประสงค์ | 7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ |
| 3. ทบทวนความรู้เดิม | 8. ทดสอบความรู้ |
| 4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ | 9. สรุปและนำไปใช้ |
| 5. ชี้แนะแนวทางการเรียน | |

รายละเอียดแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

1. เร่งเร้าความสนใจ

ก่อนที่จะเริ่มการนำเสนอเนื้อหาบทเรียน ควรมีการจูงใจและเร่งเร้าความสนใจให้ผู้เรียน อยากรเรียน ดังนั้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรเริ่มด้วยการใช้ภาพ แสง สี เสียง หรือใช้สื่อ ประกอบกันหลายๆ อย่าง โดยสื่อที่สร้างขึ้นมานั้นต้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหาและน่าสนใจ ซึ่งจะมีผล โดยตรงต่อความสนใจของผู้เรียน นอกจากเร่งเร้าความสนใจแล้ว ยังเป็นการเตรียมความพร้อม ให้ผู้เรียนพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปในตัวอีกด้วย ตามลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอน การเร่งเร้าความสนใจในขั้นตอนแรกนี้ก็คือ การนำเสนอบทนำเรื่อง (Title) ของบทเรียน นั้นเอง ซึ่งหลักสำคัญประการหนึ่งของการออกแบบในส่วนนี้คือ ควรให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่

จอภาพ โดยไม่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือส่วนอื่นๆ แต่ถ้าบทนำเรื่องดังกล่าวต้องการตอบสนองจาก เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้เรียน โดยการปฏิสัมพันธ์ผ่านทางอุปกรณ์ป้อนข้อมูล ก็ควรเป็นการตอบสนองที่ง่าย ๆ เช่น กดแป้น Spacebar คลิกเมาส์ หรือกดแป้นพิมพ์ตัวใดตัวหนึ่งเป็นต้น

สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อเร่งเร้าความสนใจของผู้เรียนมีดังนี้

1.1 เลือกใช้ภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เพื่อเร่งเร้าความสนใจในส่วนของบทนำเรื่อง โดยมีข้อพิจารณาดังนี้

1.1.1 ใช้ภาพกราฟิกที่มีขนาดใหญ่ชัดเจน ง่าย และไม่ซับซ้อน

1.1.2 ใช้เทคนิคการนำเสนอที่ปรากฏภาพได้เร็ว เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเบื่อ

1.1.3 ควรให้ภาพปรากฏบนจอภาพระยะหนึ่ง จนกระทั่งผู้เรียนกดแป้นพิมพ์ใดๆ จึงเปลี่ยนไปผู้เฟรมอื่นๆ เพื่อสร้างความคุ้นเคยให้กับผู้เรียน

1.1.4 เลือกใช้ภาพกราฟิกที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ระดับความรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

1.2 ใช้ภาพเคลื่อนไหวหรือใช้เทคนิคการนำเสนอภาพผลพิเศษเข้าช่วย เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวของภาพ แต่ควรใช้เวลาสั้นๆ และง่าย

1.3 เลือกใช้สีที่ตัดกับฉากหลังอย่างชัดเจน โดยเฉพาะสีเข้ม

1.4 เลือกใช้เสียงที่สอดคล้องกับภาพกราฟิกและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน

1.5 ควรบอกชื่อเรื่องบทเรียนไว้ด้วยในส่วนของบทนำเรื่อง

2. บอกรัตนุประสงค์

วัตถุประสงค์ของบทเรียน นับว่าเป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียน นอกจากผู้เรียนจะทราบถึงพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของตนเองหลังจบบทเรียนแล้วจะยังเป็นการแจ้งให้ทราบล่วงหน้าถึงประเด็นสำคัญของเนื้อหา รวมทั้งเค้าโครงของเนื้อหาอีกด้วย การที่ผู้เรียนทราบถึงขอบเขตของเนื้อหาอย่างคร่าวๆ จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถผสมผสานแนวความคิดในรายละเอียดหรือส่วนย่อยของเนื้อหาให้สอดคล้องและสัมพันธ์กับเนื้อหาในส่วนใหญ่ได้ ซึ่งมีผลทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น นอกจากจะมีผลดังกล่าวแล้วผลการวิจัยยังพบว่าผู้เรียนที่ทราบวัตถุประสงค์ของการเรียนก่อน เรียนบทเรียนจะสามารถจำและเข้าใจในเนื้อหาได้ดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์บทเรียนจำแนกเป็น 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกรัตนุประสงค์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มักกำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื่องจากเป็นวัตถุประสงค์ที่ชี้เฉพาะสามารถวัดได้และสังเกตได้ ซึ่งง่ายต่อการตรวจวัดผู้เรียนในขั้นสุดท้าย อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ทั่วไปก็มีความจำเป็นที่จะต้องแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงเค้าโครงเนื้อหาแนวกว้างๆ เช่นกัน

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการบอกวัตถุประสงค์บทเรียน มีดังนี้

2.1 บอกวัตถุประสงค์โดยเลือกใช้ประโยคสั้นๆ แต่ได้ใจความ อ่านแล้วเข้าใจ ไม่ต้องแปลความอีกครึ่ง

2.2 หลีกเลี่ยงการใช้คำที่ยังไม่เป็นที่รู้จัก และเป็นที่น่าสนใจของผู้เรียนโดยทั่วไป

2.3 ไม่ควรกำหนดวัตถุประสงค์หลายข้อเกินไปในเนื้อหาแต่ละส่วนๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสน หากมีเนื้อหามาก ควรแบ่งบทเรียนออกเป็นหัวเรื่องย่อยๆ

2.4 ควรบอกการนำไปใช้งานให้ผู้เรียนทราบด้วยว่า หลังจากจบบทเรียนแล้วจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทำอะไรได้บ้าง

2.5 ถ้าบทเรียนนั้นประกอบด้วยบทเรียนย่อยหลายหัวเรื่อง ควรบอกทั้งวัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยบอกวัตถุประสงค์ทั่วไปในบทเรียนหลัก และตามด้วยรายการให้เลือก หลังจากนั้นจึงบอกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละบทเรียนย่อยๆ

2.6 อาจนำเสนอวัตถุประสงค์ให้ปรากฏบนจอภาพทีละข้อๆ ก็ได้ แต่ควรคำนึงถึงเวลาการนำเสนอให้เหมาะสม หรืออาจให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์เพื่อศึกษาวัตถุประสงค์ต่อไปทีละข้อก็ได้

2.7 เพื่อให้การนำเสนอวัตถุประสงค์น่าสนใจยิ่งขึ้น อาจใช้กราฟฟิกง่ายๆ เข้าช่วย เช่น ติกรอบ ใช้ลูกศร และใช้รูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่ควรใช้การเคลื่อนไหวเข้าช่วย โดยเฉพาะกับตัวหนังสือ

3. ทบทวนความรู้เดิม

การทบทวนความรู้เดิมก่อนที่จะนำเสนอความรู้ใหม่ แก่ผู้เรียนมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีการประเมิน ความรู้ที่จำเป็นสำหรับบทเรียนใหม่ เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้วิธีปฏิบัติโดยทั่วไปสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ก็คือ การทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) ซึ่งเป็นการประเมินความรู้ของผู้เรียน เพื่อทบทวนเนื้อหาเดิมที่เคยศึกษาผ่านมาแล้ว และเพื่อเตรียมความพร้อมในการรับเนื้อหาใหม่นอกจากจะเป็นการตรวจวัดความรู้พื้นฐานแล้วบทเรียน บางเรื่องอาจใช้ผลจากการทดสอบก่อนบทเรียนมาเป็นเกณฑ์จัดระดับความสามารถของผู้เรียน เพื่อจัดบทเรียนให้ตอบสนองต่อระดับความสามารถของผู้เรียน เพื่อจัดบทเรียนให้ตอบสนองต่อระดับความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคนแต่อย่างไรก็ตามในขั้นการทบทวนความรู้เดิมนี้ไม่จำเป็น ต้องเป็นการทดสอบเสมอไป หากเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นเป็นชุดบทเรียนที่เรียนต่อเนื่องกันไปตามลำดับ การทบทวนความรู้เดิม อาจอยู่ในรูปแบบของการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนหลังถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านี้ก็ได้ การกระตุ้นดังกล่าวอาจแสดงด้วยคำพูด คำเขียน ภาพ หรือผสมผสานกันแล้วแต่ความเหมาะสม ปริมาณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับเนื้อหา ตัวอย่าง เช่น การนำเสนอเนื้อหาเรื่องการต่อตัวด้านทานแบบผสม ถ้าผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจวิธีการหาความต้านทานรวม กรณีนี้ควรจะมีวิธีการวัดความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนว่ามีความเข้าใจเพียงพอที่จะคำนวณหาค่าต่างๆ ในแบบผสมหรือไม่ ซึ่งจำเป็นต้องมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบก่อนถ้าพบว่าผู้เรียนไม่เข้าใจวิธีการคำนวณ บทเรียนต้องชี้แนะให้ผู้เรียนกลับไปศึกษา เรื่อง การต่อตัวด้านทานแบบอนุกรมและแบบขนานก่อน หรืออาจนำเสนอบทเรียนย่อยเพิ่มเติม เรื่องดังกล่าว เพื่อเป็นการทบทวนก่อนก็ได้

สิ่งที่จะต้องพิจารณาในการทบทวนความรู้เดิม มีดังนี้

- 3.1 ควรมีการทดสอบความรู้พื้นฐานหรือนำเสนอเนื้อหาเดิมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเตรียมความพร้อมผู้เรียนในการเข้าสู่เนื้อหาใหม่ โดยไม่ต้องคาดเดาว่าผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้เท่ากัน
- 3.2 แบบทดสอบต้องมีคุณภาพ สามารถแปลผลได้ โดยวัดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นกับการศึกษาเนื้อหาใหม่เท่านั้น มิใช่แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่อย่างใด
- 3.3 การทบทวนเนื้อหาหรือการทดสอบ ควรใช้เวลาสั้นๆ กระชับ และตรงตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนมากที่สุด
- 3.4 ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกจากเนื้อหาใหม่หรือออกจากบทเรียนเพื่อไปศึกษาทบทวนได้ตลอดเวลา
- 3.5 ถ้าบทเรียนไม่มีการทดสอบความรู้พื้นฐานเดิม บทเรียนต้องนำเสนอวิธีการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่ศึกษาผ่านมาแล้ว หรือสิ่งที่มีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว โดยอาจใช้ภาพประกอบในการกระตุ้นให้ผู้เรียนย้อนคิด จะทำให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

4. นำเสนอเนื้อหาใหม่

หลักสำคัญในการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ก็คือ ควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ประกอบกับคำอธิบายสั้นๆ ง่ายๆ แต่ได้ใจความ การใช้ภาพประกอบ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น และมีความคงทนในการจดจำได้ดีกว่าการใช้คำอธิบายเพียงอย่างเดียว โดยหลักการที่ว่า ภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้ง่ายต่อการรับรู้ แม้ในเนื้อหาบางช่วงจะมีความยากในการที่จะคิดสร้างภาพประกอบ แต่ก็ควรพิจารณาวิธีการต่างๆ ที่จะนำเสนอด้วยภาพให้ได้แม้จะมีจำนวนน้อย แต่ก็ยังดีกว่าคำอธิบายเพียงคำเดียว ภาพที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำแนกออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ภาพนิ่ง ได้แก่ ภาพลายเส้น ภาพ 2 มิติ ภาพ 3 มิติ ภาพถ่ายของจริง แผนภาพ แผนภูมิ และกราฟ อีกส่วนหนึ่งได้แก่ภาพเคลื่อนไหว เช่น ภาพวิดิทัศน์ ภาพจากแหล่งสัญญาณดิจิทัลต่างๆ เช่น จากเครื่องเล่นภาพ โฟโต้ซีดี เครื่องเล่นเลเซอร์ดิสก์ กล้องถ่ายภาพวิดิทัศน์ และภาพจากโปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้ภาพประกอบเนื้อหา อาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร หากภาพเหล่านั้นมีรายละเอียดมากเกินไป ใช้เวลานานไปในการปรากฏบนจอภาพ ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาซับซ้อน เข้าใจยาก และไม่เหมาะสมในเรื่องเทคนิคการออกแบบ เช่น ขาดความสมดุล องค์ประกอบภาพไม่ดี เป็นต้น

ดังนั้น การเลือกภาพที่ใช้ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงควรพิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

4.1 เลือกใช้ภาพประกอบการนำเสนอเนื้อหาให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นเนื้อหาสำคัญๆ

4.2 เลือกใช้ภาพเคลื่อนไหว สำหรับเนื้อหาที่ยากและซับซ้อนที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นลำดับขั้น หรือเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4.3 ใช้แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ สัญลักษณ์ หรือภาพเปรียบเทียบ ในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ แทนข้อความคำอธิบาย

4.4 การเสนอเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ให้เน้นในส่วนของคุณสมบัติสำคัญ ซึ่งอาจใช้การขีดเส้นใต้ การตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การโยงลูกศร การใช้สี หรือการชี้แนะด้วยคำพูด เช่น สังกะสีที่ด้านขวาของภาพ เป็นต้น

4.5 ไม่ควรใช้กราฟิกที่เข้าใจยาก และไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา

4.6 จัดรูปแบบของคำอธิบายให้น่าอ่าน หากเนื้อหายาว ควรจัดแบ่งกลุ่มคำอธิบายให้จบเป็นตอนๆ

4.7 คำอธิบายที่ใช้ในตัวอย่าง ควรกระชับและเข้าใจได้ง่าย

4.8 หากเครื่องคอมพิวเตอร์แสดงกราฟิกได้ช้า ควรเสนอเฉพาะกราฟิกที่จำเป็นเท่านั้น

4.9 ไม่ควรใช้สีพื้นสลับไปสลับมาในแต่ละเฟรมเนื้อหา และไม่ควรเปลี่ยนสีไปมา โดยเฉพาะสีหลักของตัวอักษร

4.10 คำที่ใช้ควรเป็นคำที่ผู้เรียนระดับนั้นๆ คำนึงและเข้าใจความหมายตรงกัน

4.11 ขณะนำเสนอเนื้อหาใหม่ ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำอย่างอื่นบ้าง แทนที่จะให้กดแป้นพิมพ์ หรือคลิกเมาส์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น เช่น การปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน โดยวิธีการพิมพ์หรือตอบคำถาม

5. ชี้นำแนวทางการเรียนรู้

ตามหลักการและเงื่อนไขการเรียนรู้ (Condition of Learning) ผู้เรียนจะจำเนื้อหาได้ดี หากมีการจัดระบบการเสนอเนื้อหาที่ดีและสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของผู้เรียน บางทฤษฎีกล่าวไว้ว่า การเรียนรู้ที่กระจ่างชัด (Meaningfully Learning) นั้น ทางเดียวที่จะเกิดขึ้นได้ก็คือการที่ผู้เรียนวิเคราะห์และตีความในเนื้อหาใหม่ลงบนพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมร่วมกันเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ ดังนั้น หน้าทีของผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ก็คือพยายามค้นหาเทคนิคในการที่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้เดิมมาใช้ในการศึกษาความรู้ใหม่นอกจากนั้น ยังจะต้องพยายามหาวิถีทางที่จะทำให้การศึกษาความรู้ใหม่ของผู้เรียนนั้นมีความกระจ่างชัดเท่าที่จะทำได้ เป็นต้นว่า การใช้เทคนิคต่างๆ เข้าช่วย ได้แก่ เทคนิคการให้ตัวอย่าง (Example) และตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่าง (Non-example) อาจจะช่วยทำให้ผู้เรียนแยกแยะความแตกต่างและเข้าใจ มโนคติของเนื้อหาต่างๆ ได้ชัดเจนขึ้น เนื้อหาบางหัวเรื่อง ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบบมีลคมีเคียอาจใช้วิธีการค้นพบ (Guided Discovery) ซึ่งหมายถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพยายามให้ผู้เรียนคิดหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง โดยบทเรียนจะค่อยๆ ชี้แนะจากจุดกว้างๆ และแคบลงๆ จนผู้เรียนหาคำตอบได้เองนอกจากนั้น การใช้คำอธิบาย กระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด ก็เป็นเทคนิคอีกประการหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ในการชี้แนะทางการเรียนรู้ได้ สรุปแล้วในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบจะต้องยึดหลักการจัดการเรียนรู้ จากสิ่งที่มีประสบการณ์เดิมไปสู่เนื้อหาใหม่ จากสิ่งที่ยากไปสู่สิ่งที่ง่ายกว่า ตามลำดับขั้น

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการชี้แนะแนวทางการเรียนในขั้นนี้ มีดังนี้

5.1 บทเรียนควรแสดงให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของเนื้อหาความรู้ และช่วยให้เห็นว่าสิ่งข้อย่อยนั้นมีความสัมพันธ์กับสิ่งใหญ่อย่างไร

5.2 ควรแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งใหม่กับสิ่งที่ผู้เรียนมีประสบการณ์ผ่านมาแล้ว

5.3 นำเสนอตัวอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อช่วยอธิบายความคิดรวบยอดใหม่ให้ชัดเจนขึ้น เช่น ตัวอย่างการเปิดหน้ากล้องหลายๆ ค่า เพื่อให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงของรูรับแสง เป็นต้น

5.4 นำเสนอตัวอย่างที่ไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกต้อง เพื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ถูกต้อง เช่น นำเสนอภาพไม้ พลาสติก และยาง แล้วบอกว่าภาพเหล่านี้ไม่ใช่โลหะ

5.5 การนำเสนอเนื้อหาที่ยาก ควรให้ตัวอย่างที่เป็นรูปธรรมมากกว่านามธรรม ถ้าเป็นเนื้อหาที่ไม่ยากนัก ให้นำเสนอตัวอย่างจากนามธรรมในรูปธรรม

5.6 บทเรียนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงความรู้และประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน

นักการศึกษากล่าวว่า การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นเกี่ยวข้องโดยตรงกับระดับและขั้นตอนของการประมวลผลข้อมูล หากผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมคิด ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และร่วมตอบคำถาม จะส่งผลให้มีความจำดีกว่าผู้เรียนที่ใช้วิธีอ่านหรือคัดลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีข้อได้เปรียบกว่าสื่อทัศนูปการอื่นๆ เช่น วิดิทัศน์ ภาพยนตร์ สไลด์ เทปเสียง เป็นต้น ซึ่งสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้ จัดเป็นแบบปฏิสัมพันธ์ไม่ได้ (Non-interactive Media) แตกต่างจากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้เรียนสามารถมีกิจกรรมร่วมในบทเรียนได้หลายลักษณะ ไม่ว่าจะเป็นการตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น เลือกรายการ และปฏิสัมพันธ์กับบทเรียน กิจกรรมเหล่านี้เองที่ไม่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเบื่อหน่าย เมื่อมีส่วนร่วม ก็มีส่วนคิดนำหรือติดตามบทเรียน ย่อมมีส่วนผูกประสานให้ความจำดีขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาเพื่อให้การจำของผู้เรียนดีขึ้น ผู้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ร่วมกระทำกิจกรรมในบทเรียนอย่างต่อเนื่อง โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

6.1 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตอบสนองต่อบทเรียนด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง

ตลอดบทเรียน เช่น ตอบคำถาม ทำแบบทดสอบ ร่วมทดลองในสถานการณ์จำลอง เป็นต้น

6.2 ควรให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการพิมพ์คำตอบหรือเติมข้อความสั้นๆ เพื่อเรียกความสนใจ แต่ไม่ควรให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบที่ยาวเกินไป

6.3 ถามคำถามเป็นช่วงๆ สลับกับการนำเสนอเนื้อหา ตามความเหมาะสมของลักษณะเนื้อหา

6.4 เร่งเร้าความคิดและจินตนาการด้วยคำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้ความเข้าใจมากกว่าการใช้ความจำ

6.5 ไม่ควรถามครั้งเดียวหลายๆ คำถาม หรือถามคำถามเดียวแต่ตอบได้หลายคำตอบ ถ้าจำเป็นควรใช้คำตอบแบบตัวเลือก

6.6 หลีกเลี่ยงการตอบสนองซ้ำหลายๆ ครั้ง เมื่อผู้เรียนตอบผิดหรือทำผิด 2-3 ครั้ง ควรตรวจปรับเนื้อหาทันที และเปลี่ยนกิจกรรมเป็นอย่างอื่นต่อไป

6.7 เฟรมตอบสนองของผู้เรียน เฟรมคำถาม และเฟรมการตรวจปรับเนื้อหา ควรอยู่บนหน้าจอภาพเดียวกันเพื่อสะดวกในการอ้างอิง กรณีนี้อาจใช้เฟรมย่อยซ้อนขึ้นมาในเฟรมหลักก็ได้

6.8 ควรคำนึงถึงการตอบสนองที่มีข้อผิดพลาดอันเกิดจากการเข้าใจผิด เช่น การพิมพ์ตัว L กับเลข 1 ควรเคาะเว้นวรรคประโยคยาวๆ ข้อความเกินหรือขาดหายไป ตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็ก เป็นต้น

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ

ผลจากการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะกระตุ้นความสนใจจากผู้เรียนได้มากขึ้น ถ้าบทเรียนนั้นทำทนาย โดยการบอกเป้าหมายที่ชัดเจน และแจ้งให้ผู้เรียนทราบว่าขณะนั้นผู้เรียนอยู่ที่ส่วนใด ห่างจากเป้าหมายเท่าใดการให้ข้อมูลย้อนกลับดังกล่าว ถ้านำเสนอด้วยภาพจะช่วยเร่งเร้าความสนใจได้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะถ้าภาพนั้นเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน อย่างไรก็ตามการให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยภาพ หรือกราฟอาจมีผลเสียอยู่บ้างตรงที่ผู้เรียนอาจต้องการดูผลว่าหากทำผิดแล้วจะเกิดอะไรขึ้น ตัวอย่างเช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเกม การสอนแบบแวนคอค สำหรับการสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษผู้เรียนอาจตอบโดยการกดแป้นพิมพ์ไปเรื่อยๆ โดยไม่สนใจเนื้อหา เนื่องจากต้องการดูผลจากการแวนคอค วิธีหลีกเลี่ยงก็คือ เปลี่ยนจากการนำเสนอภาพในทางบวก เช่น ภาพเล่นเรือเข้าหาฝั่ง ภาพขยับยานสู่ดวงจันทร์ ภาพหนูเดินไปกินเนยแข็ง เป็นต้น ซึ่งจะไปถึงจุดหมายได้ด้วยการตอบถูกเท่านั้น หากตอบผิดจะไม่เกิดอะไรขึ้น อย่างไรก็ตามถ้าเป็นบทเรียนที่ใช้กับกลุ่มเป้าหมายระดับสูงหรือเนื้อหาที่มีความยาก การให้ข้อมูลย้อนกลับด้วยคำเขียนหรือกราฟจะเหมาะสมกว่า

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการให้ข้อมูลย้อนกลับ มีดังนี้

7.1 ให้ข้อมูลย้อนกลับทันที หลังจากผู้เรียน ได้ตอบกับบทเรียน

7.2 ควรบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือตอบผิด โดยแสดงคำถาม คำตอบและ

การตรวจปรับบนเฟรมเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ถ้าให้ข้อมูลย้อนกลับ โดยการใช้ภาพ ควรเป็นภาพที่ง่ายและเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ถ้าไม่สามารถหาภาพที่เกี่ยวข้องได้ อาจใช้ภาพกราฟิกที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาก็ได้

7.4 หลีกเลี่ยงการใช้ผลทางภาพ (Visual Effects) หรือการให้ข้อมูลย้อนกลับที่ตื่นตาเกินไปในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด

7.5 อาจใช้เสียงสำหรับการให้ข้อมูลย้อนกลับ เช่น คำตอบถูกต้อง และ คำตอบผิด โดยใช้เสียงที่แตกต่างกัน แต่ไม่ควรเลือกใช้เสียงที่ก่อให้เกิดลักษณะการเหยียดหยาม หรือดูแคลนในกรณีที่ผู้เรียนตอบผิด

7.6 เฉลยคำตอบที่ถูกต้องหลังจากที่ผู้เรียนตอบผิด 2 - 3 ครั้ง ไม่ควรปล่อยเวลาให้เสียไป

7.7 อาจใช้วิธีการให้คะแนนหรือแสดงภาพ เพื่อบอกความใกล้-ไกลจากเป้าหมายก็ได้

7.8 พยายามส่งเสริมการให้ข้อมูลย้อนกลับ เพื่อเรียกความสนใจตลอดบทเรียน

8. ทดสอบความรู้ใหม่

การทดสอบความรู้ใหม่หลังจากศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรียกว่า การทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้ของตนเอง นอกจากนี้จะยังเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ เพื่อที่จะไปศึกษาในบทเรียนต่อไปหรือต้องกลับไปศึกษาเนื้อหาใหม่ การทดสอบหลังบทเรียนจึงมีความจำเป็นสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกประเภทนอกจากจะเป็นการประเมินผลการเรียนรู้แล้ว การทดสอบยังมีผลต่อความคงทนในการจดจำเนื้อหาของผู้เรียนด้วย แบบทดสอบจึงควรถามแบบเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน ถ้าบทเรียนมีหลายหัวเรื่องย่อย อาจแยกแบบทดสอบออกเป็นส่วนๆ ตามเนื้อหา โดยมีแบบทดสอบรวมหลังบทเรียนอีกชุดหนึ่งก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าผู้ออกแบบบทเรียนต้องการแบบใด

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบทดสอบหลังบทเรียน มีดังนี้

8.1 ชี้แจงวิธีการตอบคำถามให้ผู้เรียนทราบก่อนอย่างแจ่มชัด รวมทั้งคะแนนรวม คะแนนรายข้อ และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น เกณฑ์ในการตัดสินผล เวลาที่ใช้ในการตอบ โดยประมาณ

8.2 แบบทดสอบต้องวัดพฤติกรรมตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียน และควรเรียง ลำดับจากง่ายไปยาก

8.3 ข้อคำถามคำตอบ และการตรวจปรับคำตอบ ควรอยู่บนแฟรมเดียวกัน และนำเสนออย่างต่อเนื่องด้วยความรวดเร็ว

8.4 หลีกเลี่ยงแบบทดสอบแบบอัตโนมัติให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาว ยกเว้นข้อสอบที่ต้องการทดสอบทักษะการพิมพ์

8.5 ในแต่ละข้อ ควรมีคำถามเดียว เพื่อให้ผู้เรียนตอบครั้งเดียว ยกเว้นในคำถามนั้นมีคำถามย่อยอยู่ด้วย ซึ่งควรแยกออกเป็นหลายๆ คำถาม

8.6 แบบทดสอบควรเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพ มีค่าอำนาจจำแนกดี ความยากง่ายเหมาะสมและมีความเชื่อมั่นเหมาะสม

8.7 อย่าตัดสินคำตอบว่าผิดถ้าการตอบไม่ชัดเจน เช่น ถ้าคำตอบที่ต้องการเป็นตัวอักษร แต่ผู้เรียนพิมพ์ตัวเลข ควรบอกให้ผู้เรียนตอบใหม่ ไม่ควรชี้ว่าคำตอบนั้นผิด และไม่ควรถัดสินคำตอบว่าผิด หากผิดพลาดหรือเว้นวรรคผิด หรือใช้ตัวพิมพ์เล็กแทนที่จะเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ เป็นต้น

8.8 แบบทดสอบชุดหนึ่งควรมีหลายๆ ประเภท ไม่ควรใช้เฉพาะข้อความเพียงอย่างเดียว ควรเลือกใช้ภาพประกอบบ้าง เพื่อเปลี่ยนบรรยากาศในการสอบ

9. สรุปและนำไปใช้

การสรุปและนำไปใช้ จัดว่าเป็นส่วนสำคัญ ในขั้นตอนสุดท้ายที่บทเรียนจะต้องสรุปมโนคติของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญๆ รวมทั้งข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทบทวนความรู้ของตนเองหลังจากศึกษาเนื้อหาผ่านมาแล้ว ในขณะเดียวกัน บทเรียนต้องชี้แนะเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือให้ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติม เพื่อแนะแนวทางให้ผู้เรียนได้ศึกษาต่อบทเรียนถัดไปหรือนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นต่อไป

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในขั้นนี้ มีข้อเสนอแนะดังนี้

9.1 สรุปองค์ความรู้เฉพาะประเด็นสำคัญๆ พร้อมทั้งชี้แนะให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนผ่านมาแล้ว

9.2 ทบทวนแนวคิดที่สำคัญของเนื้อหา เพื่อเป็นการสรุป

9.3 เสนอแนะเนื้อหาความรู้ใหม่ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

9.4 บอกผู้เรียนถึงแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาเนื้อหาต่อไป

ขั้นตอนการสอนทั้ง 9 ประการของ Robert Gagne' เป็นเทคนิคการออกแบบบทเรียนที่ใช้ได้กว้างๆ แต่ก็สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งบทเรียนสำหรับการเรียนการสอนปกติในชั้นเรียนและบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เทคนิคอย่างหนึ่งในการออกแบบบทเรียน CAI คือ การพยายามทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกใกล้ชิดเกี่ยวกับการเรียนรู้จากผู้สอนโดยตรง โดยคิดแปลงให้สอดคล้องกับสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ ในปัจจุบันขั้นการสอน 9 ขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องแยกแยะออกไปเป็นลำดับที่เรียงไว้ และไม่จำเป็นว่าจะต้องมีครบทั้ง 9 ข้อ ใครจะออกแบบบทเรียน โดยใช้เทคนิคการนำเสนอแบบใด หรือครอบคลุมขั้นการสอนอย่างไร ขึ้นอยู่กับเทคนิคการนำเสนอและเนื้อหาของบทเรียนนั้นๆ ด้วยการยึดถือขั้นการสอนทั้ง 9 ขั้น เป็นหลัก และขณะเดียวกันก็พยายามปรับเทคนิคการนำเสนอไม่ให้ซ้ำกันจนน่าเบื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของการเรียนการสอนนั้นจะต้องพิจารณาจากกระบวนการและผลลัพธ์ทางการเรียนการสอน การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักตั้งไว้ 80/80, 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตคติอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้เช่น 75/75 เป็นต้น อธิพร ศรียมก (2532 : 245-253) โดยมีรายละเอียดในการคำนวณหาประสิทธิภาพทางการเรียนการสอน ดังนี้

2.3.1 สูตรการหาประสิทธิภาพ

ชัยขงค์ พรหมวงศ์ (2543 : 491) กล่าวถึงการประกันชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล ดังนั้น การกำหนดเกณฑ์จำเป็นต้องคำนึงถึง “กระบวนการสอน” และ “ผลลัพธ์” โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น E1/E2

E1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน ซึ่งคำนวณจากค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

E2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งคำนวณจากค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยทางการเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังจบบทเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

การคิดค่า E1 และ E2 ของชุดการสอนที่สร้างขึ้น คำนวณค่าทางสถิติ โดยใช้สูตร E1/E2 ชัยขงค์ พรหมวงศ์ (2543 : 491) ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณหาประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน E1

$$E_1 = \frac{\sum X / N}{A} \times 100 \quad (2.1)$$

2. การคำนวณหาประสิทธิภาพของผลลัพธ์ E2

$$E_2 = \frac{\sum F / N}{B} \times 100 \quad (2.2)$$

เมื่อ

E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum X$ หมายถึง คะแนนรวมของการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

$\sum F$ หมายถึง คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้

2.3.2 การทดลองประสิทธิภาพโดยใช้สูตร

ชัยขันธ์ พรหมวงศ์ และคณะ (2521 : 51-52) ได้กล่าวถึงการทดลองประสิทธิภาพโดยใช้สูตรดังกล่าวข้างต้น ว่าจะต้องดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. แบบเดี่ยว (1 : 1) คือ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองกับผู้เรียน 1 - 3 คน โดยทดลองกับเด็กเก่ง ปานกลาง และเด็กอ่อน การทดลองแต่ละครั้งต้องปรับปรุงสื่อการสอนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วจะสูงขึ้นมาก ก่อนนำไปทดลองแบบกลุ่มในขั้นนี้ E_1/E_2 จะมีค่าประมาณ 60/60

2. แบบกลุ่ม (1 : 10) คือ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองกับผู้เรียน 6 - 10 คน ที่มีความสามารถใกล้เคียงกัน (ละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) ดำเนินหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือ E_1/E_2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

3. ภาคสนาม (1 : 100) คือ นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนไปทดลองใช้กับผู้เรียน 30-100 คน ดำเนินหาประสิทธิภาพหากผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองภาคสนามได้ค่า E_1/E_2 ไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งเอาไว้จะต้องปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและทำการทดสอบซ้ำอีก

ในกรณีที่ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นไม่ถึงเกณฑ์ที่ตั้งไว้เนื่องจากมีตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ เช่น สภาพห้องเรียน ความพร้อมของผู้เรียน บทบาทและความชำนาญในการใช้ชุดการสอนของผู้สอน เป็นต้น อาจอนุโลมให้มีระดับผิดพลาดหรือต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5%

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นอาจกำหนดไว้ 3 ระดับ คือ

1. สูงกว่าเกณฑ์ หมายถึง เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งเอาไว้มีค่าเกิน 2.5% ขึ้นไป

2. เท่าเกณฑ์ หมายถึง เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แต่ไม่เกิน 2.5%

3. ต่ำกว่าเกณฑ์ หมายถึง เมื่อประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5% ถือว่ายังมีผลสัมฤทธิ์ที่ยอมรับได้

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง โลหะ ซึ่งเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีลักษณะการนำเสนอเนื้อหา จึงใช้เกณฑ์ E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80 ในการตั้งสมมติฐานการวิจัย

2.3.3 การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ในการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเฉพาะบทเรียนสำเร็จรูปคอมพิวเตอร์ที่สร้างแบบ IMMCAI : Interactive Multi Media Computer Assisted Instruction การประเมินคุณภาพด้าน มัลติมีเดีย (Multi Media) ของบทเรียนได้แก่ ด้านข้อความ (Text) รูปภาพ (Image) ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ภาพวีดิทัศน์ (Video) และเสียง (Audio) รวมถึงด้านการปฏิสัมพันธ์ (Interaction) กับบทเรียนนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะเป็นคุณสมบัติที่ทำให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เป็นบทเรียนสำเร็จรูปที่แตกต่างจากบทเรียนสำเร็จรูปประเภทอื่นๆ ซึ่ง ชัยยศ เรืองสุวรรณ (2533 : 129) ได้กล่าวว่าผู้ทำหน้าที่ที่ประเมินสื่อ ได้แก่ ผู้สอน ผู้ชำนาญ คณะกรรมการเฉพาะกิจหรือประเมินโดยผู้เรียน เป็นต้น

นอกจากนั้น ไพโรจน์ ตีรณธณกุล (2542 : 63-65) ยังได้เสนอการพิจารณาการประเมินคุณภาพบทเรียน และรายละเอียดในแบบฟอร์มที่ต้องการในด้านต่างๆ มีดังนี้

1. ด้านเนื้อหา รายละเอียดในแบบฟอร์มการประเมิน มีดังนี้
 - 1.1 เนื้อหาถูกต้อง
 - 1.2 เนื้อหามีคุณค่าสำหรับการเรียนรู้
 - 1.3 เนื้อหาทันสมัย
 - 1.4 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน
 - 1.5 บทเรียนสามารถให้ผลตามวัตถุประสงค์
 - 1.6 การเสนอบทเรียนเรียงไว้ถูกต้องและชัดเจน
 - 1.7 ความยากง่ายเหมาะสมกับผู้ใช้ตามเป้าหมาย
2. ด้านเทคนิคสื่อรายละเอียดในแบบฟอร์มการประเมิน มีดังนี้
 - 2.1 การใช้ภาพและเสียงเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง
 - 2.2 บทเรียนสร้างความสนใจ
 - 2.3 บทเรียนเสริมสร้างความคิดริเริ่ม
 - 2.4 การตอบสนองกลับการควบคุมความเร็วของบทเรียน
 - 2.5 บทเรียนสามารถประสานกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนได้
 - 2.6 ข้อมูลที่แสดงออกทางจอภาพมีประสิทธิภาพดี
 - 2.7 ผู้เรียนเป้าหมายสามารถใช้บทเรียนได้เอง
 - 2.8 บทเรียนใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ได้เหมาะสม
 - 2.9 บทเรียนไม่เสียบง่ายเมื่อใช้งานตามภาวะปกติ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะเป็นบทเรียนแบบโปรแกรม หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แก่

ทองหนัก ดวงสุวรรณ (2547 : บทคัดย่อ) ได้ดำเนินการวิจัยโดยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมย่าน C และ Ku ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคราชสีหราชราม จำนวน 20 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบท้ายบทเรียน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 5 บทเรียนตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องหลักการติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมย่าน C และ Ku ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.50/82.75 ซึ่งสูงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ธำรงค์ ทองซุ่นห่อ (2548 : บทคัดย่อ) ได้ดำเนินการวิจัยโดยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทางโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทาง โครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล

วิธีดำเนินการวิจัยผู้วิจัยได้สร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทาง โครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ โดยมีเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนำบทเรียนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน โดยระหว่างการทดลองให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนเมื่อจบแต่ละหน่วย และหลังจากนั้นทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์หาหาประสิทธิภาพของบทเรียน

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทางโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพทางด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.36$, S.D = 0.25) ด้านเทคนิคผลิตสื่อมีคุณภาพอยู่ระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.58$, S.D = 0.19) และมีประสิทธิภาพ 89.50/86.50 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ในสมมติฐานการวิจัย

นพพร น้อยวัฒน์กุล (2547 : บทคัดย่อ) ได้ดำเนินการวิจัยโดยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการไหลของของไหล

วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการไหลของของไหล

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ชั้นปีที่ 1. สาขาวิชาช่างเครื่องมือวัด และควบคุมในอุตสาหกรรม และสาขาวิชาช่างยนต์ วิทยาลัยเทคนิคสาคู จำนวน 30 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาจาก การสุ่มอย่างง่าย ใช้สำหรับทดลองหาประสิทธิภาพ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

เครื่องมือที่ใช้ได้แก่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ตามเกณฑ์ E_1/E_2 และเปรียบเทียบหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น พบว่า

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการไหลของของไหล มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ มีค่า 80.25/81.50
2. นักศึกษาที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการไหลของของไหล

หลังการเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และจากความสำคัญและประโยชน์ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นั้น จะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพเหมาะที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน โดยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตรวิศกรรม จำนวน 50 คน คณะครุศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากทะเบียนนักศึกษา

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตรวิศกรรม ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตร จำนวน 30 คน เลือกโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ
2. แบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ
3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ดำเนินการ ดังนี้

1.1 ศึกษาทฤษฎีและหลักการออกแบบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ผู้วิจัยได้ศึกษารายละเอียดตลอดจนวิธีการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จากตำรา ผลงานที่เกี่ยวข้องและปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยเลือกใช้โปรแกรม Authorware ร่วมกับ โปรแกรมอื่น ซึ่งมีระบบต่าง ๆ ที่ช่วยสร้างได้ง่าย มีการปฏิสัมพันธ์ที่หลากหลาย และสามารถเผยแพร่ทำได้โดยง่าย บนระบบปฏิบัติการ Windows

1.2 สร้างต้นร่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการต่าง ๆ จึงดำเนินการจัดเนื้อหาไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน แบ่งขั้นตอนการสร้างได้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 การออกแบบบทเรียนและสร้างบทเรียนประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียน
2. การวิเคราะห์เนื้อหาและกิจกรรม
3. การกำหนดขอบข่ายของบทเรียน

ขั้นที่ 2 การสร้างต้นร่างของบทเรียน เรื่องราวของบทเรียนที่ประกอบด้วยเนื้อหาที่แบ่งเป็นเฟรมๆ ตามวัตถุประสงค์และรูปแบบการนำเสนอ โดยร่างเป็นแต่ละเฟรมย่อยเรียงตามลำดับตั้งแต่เฟรมที่ 1 จนถึงเฟรมสุดท้ายของแต่ละหัวข้อย่อย และต้นแบบนี้ ยังระบุภาพที่ใช้ในแต่ละเฟรมพร้อมเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ลักษณะของภาพ ความสัมพันธ์ของเฟรมเนื้อหากับเฟรมอื่น ๆ ของบทเรียน

ขั้นที่ 3 การสร้างบทเรียนโดยดำเนินการตามต้นร่างที่วางไว้ ทั้งหมดตั้งแต่การออกแบบเฟรมเปล่าหน้าจอ การกำหนดสีที่ใช้งานจริงรูปแบบ และขนาดของตัวอักษร สีของตัวอักษร

1.3 ผู้วิจัยได้นำต้นร่างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบเพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข เกี่ยวกับสีของตัวอักษร ภาพประกอบ และขนาดของตัวอักษร

1.4 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหา และด้านสื่อ ประเมินคุณภาพของบทเรียน

ดังนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีรายนาม

ผู้ทรงคุณวุฒิ “ด้านเนื้อหา”

รายนาม	ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน
1. อาจารย์วิเชียร ทวีสุข	หัวหน้าแผนกวิชาช่างแมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
2. อาจารย์กัลยา เข็นจำ	อาจารย์ประจำ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรีสระบุรี
3. อาจารย์สิงห์ชัย อ่อนพิทักษ์	คศ.1 อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

ผู้ทรงคุณวุฒิ “ด้านสื่อ”

รายนาม	ตำแหน่ง/สถานที่ทำงาน
1. อาจารย์คณินนิตย์ ปาลีรัมย์	ครูชำนาญการ คศ.2 อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร
2. นายนวพรรษ ฤกษ์ระรื่นศรี	หัวหน้าฝ่ายกราฟฟิคดีไซน์ บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด
3. นายยุทธนา พงศ์พฤษชาติ	ผู้จัดการ บริษัท แอดชาयน์ คอมมูนิเคชั่น จำกัด

โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ จากผู้ทรงคุณวุฒิตามแบบของ John W Best ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินมาคำนวณหา ค่าเฉลี่ยเพื่อทำการประเมินตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ค่าเฉลี่ย	4.50 – 5.00	ระดับคุณภาพดีมาก
ค่าเฉลี่ย	3.50 – 4.49	ระดับคุณภาพดี
ค่าเฉลี่ย	2.50 – 3.49	ระดับคุณภาพปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 – 2.49	ระดับคุณภาพพอใช้
ค่าเฉลี่ย	1.00 – 1.49	ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

ในการประเมินค่าที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ ค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ 3.5 (ระดับคุณภาพดี) ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สร้างขึ้นได้ผ่านตรวจสอบประเมินคุณภาพของบทเรียนจากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ

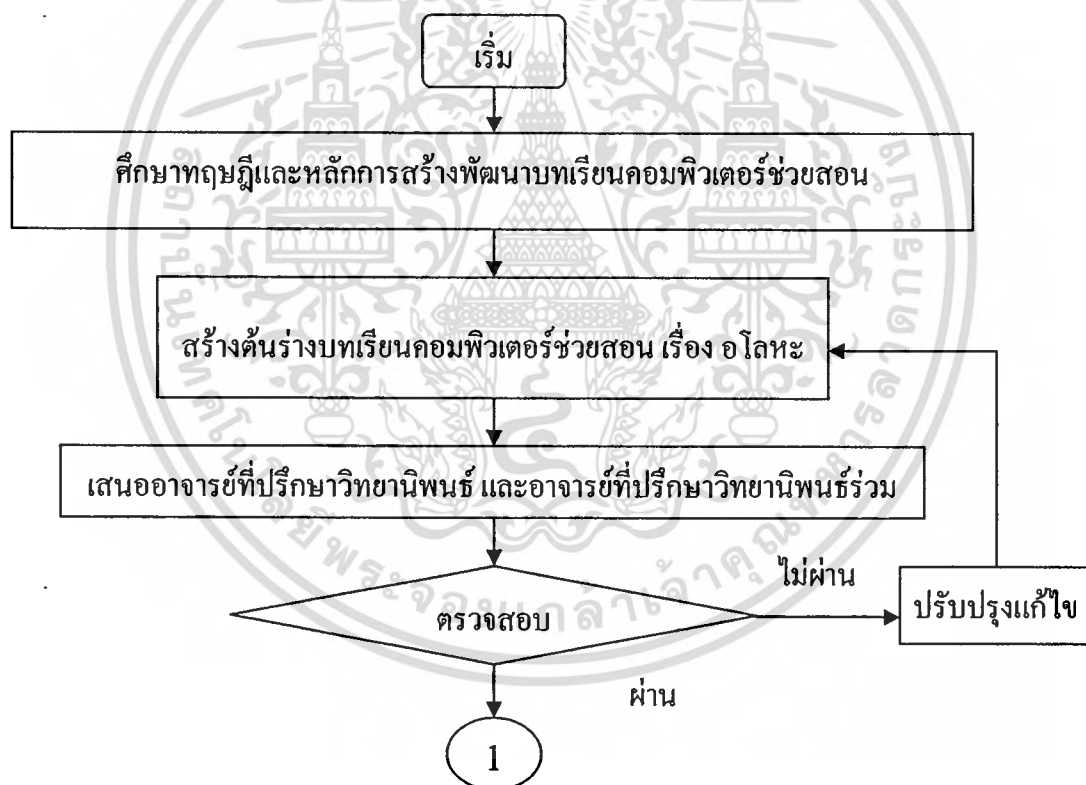
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เมื่อปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเกี่ยวกับสีของตัวอักษร ภาพประกอบ และขนาดตัวอักษรแล้ว ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง 1 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยวิธีเลือก สุ่มอย่างเจาะจง ซึ่งเป็นนักศึกษา สาขาครุศาสตร์วิศวกรรม เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วนำไปปรับปรุง แก้ไข จากการใช้ทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง ต้องปรับปรุงภาพประกอบให้ชัดเจนขึ้น

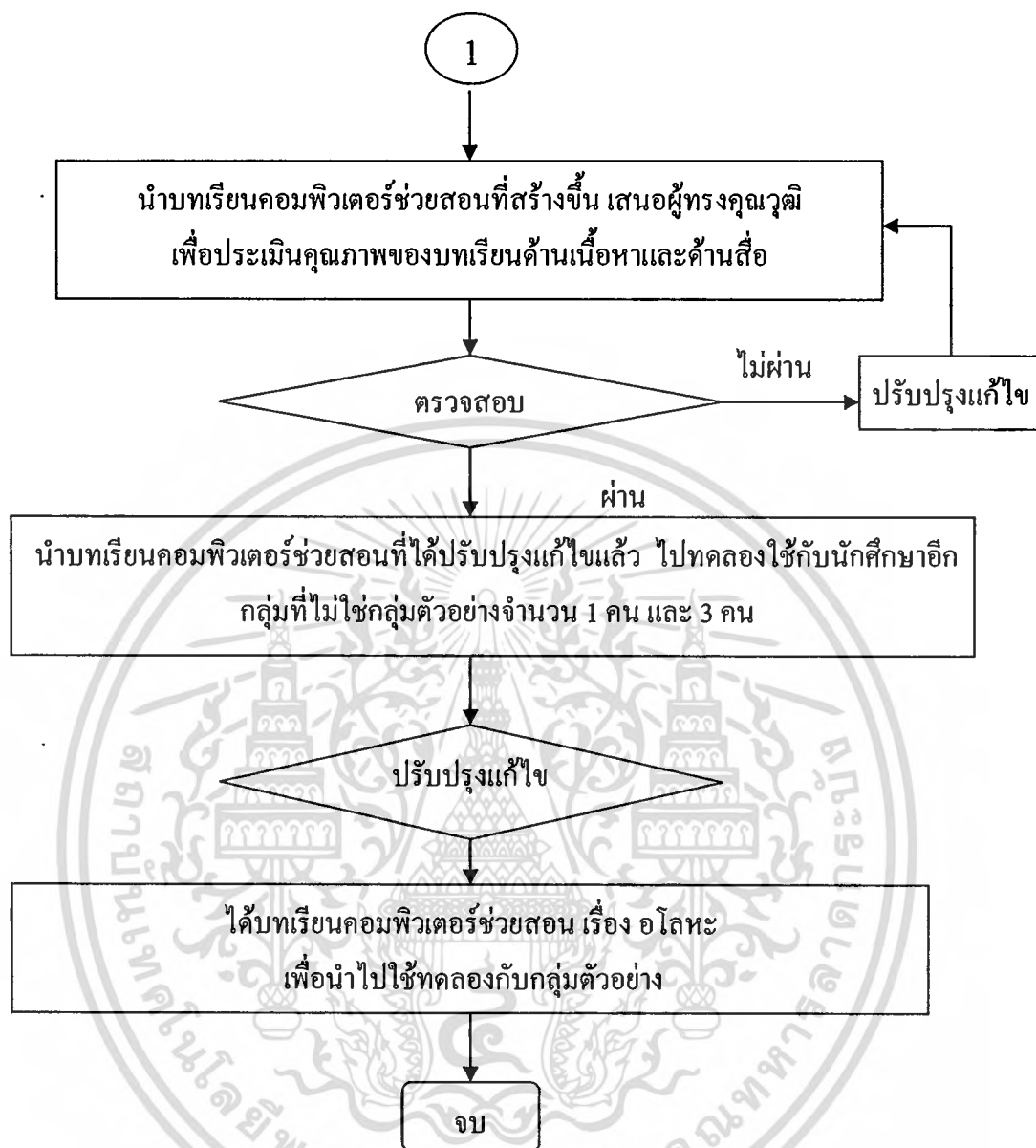
1.6 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ปรับปรุงแก้ไขภาพประกอบ ไปทดลองใช้ กับนักศึกษาอีกกลุ่มหนึ่งจำนวน 3 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยวิธีเลือกสุ่มอย่างเจาะจง ซึ่งเป็น นักศึกษาสาขาครุศาสตร์วิศวกรรม ที่เก่ง ปานกลาง และอ่อน อย่างละหนึ่งคน

1.7 ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ เพื่อนำไปใช้ทดลองกับ กลุ่มตัวอย่าง

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียน ดังมีรายละเอียดตามรูปที่ 3.1 ดังนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ



รูปที่ 3.1 (ต่อ)

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีขั้นตอนดังนี้

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. ศึกษาเอกสารและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2. วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก คะแนนที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดหรือตอบมากกว่าหนึ่งในข้อเดียวกันให้ 0 คะแนน จำนวน 30 ข้อ แล้วไปปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบ

4. สร้างแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยนำแบบประเมินความสอดคล้องที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิค่านี้อาจำนวน 3 ท่าน (ดังภาคผนวก ก)

หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสอดคล้องกับจุดประสงค์ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 138) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ

IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

การตรวจสอบความสอดคล้องใช้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้

คะแนน 1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่ามี ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับข้อสอบที่ไม่แน่ใจว่ามี ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับข้อสอบที่เห็นว่ามีไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บันทึกผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อนำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 : 138)

จากผลการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิเพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความสอดคล้องเท่ากับ 0.67-1.00 (ดังภาคผนวก ฉ) ซึ่งสามารถนำข้อสอบทั้ง 30 ข้อมาใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ตามเกณฑ์ต่อไป

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น ไปทดลองใช้กับนักศึกษา ชั้นปีที่ 1 สาขาอื่นที่เคยเรียนวิชานี้มาก่อนจำนวน 30 คน โดยเลือกผู้ที่มีความสามารถระดับ เก่ง ปานกลาง และอ่อน นำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไข

6. นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายชื่อ โดยใช้เทคนิค 50% แล้วเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.2 ขึ้นไป เพื่อนำไปใช้ในการวิจัย

หาค่าความยากง่าย (Difficulty) (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237) ดังนี้

$$p = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ

p	หมายถึง	ระดับความยากของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
f_H	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
f_L	หมายถึง	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
N_H	หมายถึง	จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มสูง
N_L	หมายถึง	จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

ขอบเขตของค่า p และความหมาย

0.80 - 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.60 - 0.79	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย (ใช้ได้)
0.40 - 0.59	เป็นข้อสอบที่ยากง่ายพอเหมาะ (ดี)
0.20 - 0.39	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก (ใช้ได้)
0.00 - 0.19	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

หาค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237) ดังนี้

$$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$$

เมื่อ

r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

f_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง

f_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_H หมายถึง จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

ขอบเขตของค่า r และความหมาย

0.4 ขึ้นไป อำนาจจำแนกสูง คุณภาพดีมาก

0.30 - 0.39 อำนาจจำแนกปานกลาง คุณภาพดีพอสมควร

0.20 - 0.29 อำนาจจำแนกค่อนข้างต่ำ คุณภาพพอใช้ได้

0.00 - 0.19 อำนาจจำแนกต่ำ คุณภาพใช้ไม่ได้

ผลการหาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ระหว่าง

0.20-0.50 ผลการหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ระหว่าง

0.20-0.47 (ดังภาคผนวก ฉ)

7. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ โดยใช้สูตร

KR-20 ของ Kuder-Richardson

หาค่าความเชื่อมั่น ใช้สูตรที่ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดอร์สัน (Kuder-Richardson)

(รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 142) ดังนี้

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

เมื่อ r_{ii} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n = จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบถูก

q = สัดส่วนของผู้เรียนที่ตอบผิด

S_i^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

จากการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้ และได้ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับ เท่ากับ 0.75 (ดังภาคผนวก ฉ)

8. ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้เป็นเครื่องมือประกอบการหาประสิทธิภาพของบทเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สำหรับ

ผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอน โดยแบ่งแบบประเมินออกเป็น 2 แบบ คือ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และแบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ

3.1 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

3.1.1 ด้านเนื้อหา

3.1.2 ด้านการนำเสนอเนื้อหา

3.2 แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ

3.2.1 การนำเสนอบทเรียน

3.2.2 ด้านรูปภาพ เสียง และตัวอักษร

3.2.3 ความสอดคล้องของสื่อกับเนื้อหา

แบบประเมินแต่ละด้าน จะมีช่องให้ผู้ทรงคุณวุฒิ เลือกประเมินแสดงความคิดเห็น ซึ่งการประเมินแบ่งออกเป็น 5 ระดับ (Scale) คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ และควรปรับปรุง โดยระดับความคิดเห็นเป็นบวกมีคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 ในแบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนนั้น ผู้วิจัยแบ่งระดับความคิดเห็น ออกเป็น 5 ระดับดังนี้

- 5 หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นว่าเทคนิคการผลิตสื่อดีมาก
- 4 หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นว่าเทคนิคการผลิตสื่อดี
- 3 หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นว่าเทคนิคการผลิตสื่อปานกลาง
- 2 หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นว่าเทคนิคการผลิตสื่อพอใช้
- 1 หมายถึง ผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นว่าเทคนิคการผลิตสื่อควรปรับปรุง

โดยใช้เกณฑ์การแสดงความคิดเห็น จากผู้ทรงคุณวุฒิตามแบบของ John W Best ซึ่งจะนำคะแนนที่ได้จากการประเมินสื่อมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย เพื่อประเมินตามเกณฑ์แสดงความคิดเห็น

ค่าเฉลี่ย	4.50 - 5.00	ดีมาก
ค่าเฉลี่ย	3.50 - 4.49	ดี
ค่าเฉลี่ย	2.50 - 3.49	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.50 - 2.49	พอใช้
ค่าเฉลี่ย	1.00 - 1.49	ควรปรับปรุง

ในการประเมิน ค่าที่ได้ในแต่ละด้าน จะต้องได้เกณฑ์ ค่าเฉลี่ย ตั้งแต่ 3.5 (ระดับคุณภาพดี) ขึ้นไป จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังนี้ไปนี้

1. ติดต่ออาจารย์ผู้สอน วิชาวัสดุวิศวกรรม (Engineering Materials) เพื่อขออนุญาตเข้าไปร่วมสอน และดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในระหว่างที่มีการเรียนการสอน ตามกำหนดการ หรือ วันเวลาที่ทางอาจารย์ผู้สอน วิชาวัสดุวิศวกรรม (Engineering Materials) กำหนดให้เข้าไปทำการเก็บข้อมูลที่
2. แจงให้นักศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทราบล่วงหน้าก่อนทำการทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและเก็บข้อมูล
3. นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
4. นำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียน
การวิเคราะห์หาคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ โดยนำผลที่ได้จากแบบการประเมินบทเรียน จากผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านเนื้อหาวิชา และด้านสื่อ มาหาค่าทางสถิติ โดยใช้สูตรการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการประมวลผลค่าทางสถิติ ดังนี้

หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (รวิวรรณ จินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

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

เมื่อ

\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
X	หมายถึง	คะแนนแต่ละจำนวน
$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนน
n	หมายถึง	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164) ใช้สูตร

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

เมื่อ

$S.D$	หมายถึง	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
\bar{X}	หมายถึง	ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด
X	หมายถึง	ผลของคะแนนแต่ละคน
$\sum X$	หมายถึง	ผลรวมของคะแนน
n	หมายถึง	จำนวนข้อมูลทั้งหมด

เกณฑ์ของแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีการแปลความหมายของข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้จัดระดับค่าเฉลี่ยเป็น 5 ระดับ (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 153) ดังนี้คือ

- 4.50 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพ อยู่ในระดับดีมาก
- 3.50 - 4.49 หมายถึง มีคุณภาพ อยู่ในระดับดี
- 2.50 - 3.49 หมายถึง มีคุณภาพ อยู่ในระดับปานกลาง
- 1.50 - 2.49 หมายถึง มีคุณภาพ อยู่ในระดับพอใช้
- 1.00 - 1.49 หมายถึง มีคุณภาพ อยู่ในระดับควรปรับปรุง

2. สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ

$$E1 = \left[\frac{\sum X/n}{A} \right] \times 100$$

$$E2 = \left[\frac{\sum F/n}{B} \right] \times 100$$

เมื่อ

$E1$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน
$E2$	หมายถึง	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
$\sum X$	หมายถึง	คะแนนรวมของการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
$\sum F$	หมายถึง	คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน
n	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
A	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

4.1 ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ผลการประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา และด้านสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ทั้งนี้เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป รายละเอียดปรากฏตามตารางที่ 4.1 - 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ			
	1.1 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.33	0.58	ดี
	1.2 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความเหมาะสมการนำเข้าสู่เนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความเหมาะสมการนำเสนอชัดเจน	4.00	0.00	ดี
	1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	1.6 เนื้อหา มีความสนใจในการเรียน	4.33	0.58	ดี
2	ด้านเวลาในการนำเสนอ			
	2.1 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.59	0.38	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะด้านเนื้อหา ภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.59$, $S.D.=0.38$) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า เนื้อหาที่จัดอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ เนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา ความเหมาะสมการนำเข้าสู่เนื้อหา ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา และความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอบทเรียนทั้งหมด ส่วนเนื้อหาที่จัดอยู่ในระดับดี ได้แก่ เนื้อหาที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เนื้อหาที่มีความงูใจในการเรียน และความเหมาะสมการนำเสนอชัดเจน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านสื่อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	\bar{X}	S.D.	ระดับคุณภาพ
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ			
	1.1 การนำเข้าสู่เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ	4.33	0.58	ดี
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของภาพในแต่ละเรื่อง	4.00	0.00	ดี
2	ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม			
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด	4.00	0.00	ดี
	2.2 รูปภาพตรงกับเนื้อหา	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในบทเรียน	5.00	0.00	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้ในบทเรียน	4.00	0.00	ดี
3	ตัวอักษร เลียง			
	3.1 ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความชัดเจนของตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.4 ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก	4.33	0.58	ดี
	3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร	4.33	0.58	ดี
	3.6 ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้บรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
	3.7 ความชัดของเสียงที่บรรยาย	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม		4.47	0.38	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านสื่อ ภาพรวม อยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.47$, $S.D = 0.38$) เมื่อพิจารณาแต่ละรายการพบว่า สื่อที่จัดอยู่ในระดับดีมาก ได้แก่ ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในบทเรียน ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน รูปภาพตรงกับเนื้อหา ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้ นำเสนอ ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้บรรยาย และความชัดเจนของเสียงที่บรรยาย ส่วนสื่อที่จัดอยู่ในระดับดี ได้แก่ การนำเข้าสู่เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร ความชัดเจนของตัวอักษร ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของภาพในแต่ละเรื่อง คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด และความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้ในบทเรียน

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ โดยใช้กับ กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ผลการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ปรากฏ ตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 สรุปผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายการ	จำนวนผู้เรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ประสิทธิภาพ (ร้อยละ)
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน	30	30	26.40	$E_1 = 88.00$
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน	30	20	17.57	$E_2 = 87.83$

จากตารางที่ 4.3 พบว่า คะแนนแบบทดสอบระหว่างกระบวนการเรียน (E_1) คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 88.00 ส่วนผลการทำแบบทดสอบหลังกระบวนการเรียน (E_2) คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 87.83 สรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีซึ่งค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ $88.00/87.83$ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน คือ E_1/E_2 เท่ากับ $80/80$

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ โดยมีสาระสำคัญในการวิจัยสรุปได้ดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่มีคุณภาพ
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีคุณภาพในระดับดี ($\bar{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป
2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต จำนวน 50 คน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากทะเบียนนักศึกษา
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตร จำนวน 30 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ
3. แบบประเมินคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาครุศาสตร์วิศกรรม ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ตามหลักสูตร จำนวน 30 คน

โดยหลังจากเรียนจบบทเรียนในแต่ละหน่วยการเรียนแล้ว ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนเพื่อวัดผลการเรียน ในแต่ละหน่วยการเรียนรวมจำนวน 2 หน่วยการเรียน หลังจากนั้นได้ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนจำนวน 30 ข้อ จากนั้นได้ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียน จำนวน 20 ข้อ จากนั้นจึงนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังการเรียนมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ด้านเนื้อหา และด้านเนื้อหา
2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ จากคะแนนการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนแต่ละหน่วยการเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้เกณฑ์ 80/80

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิจากแบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.59 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้านสื่อมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.47 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี ผู้ทรงคุณวุฒิยอมรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สำหรับนักศึกษา หลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีปีที่ 1 ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาครุศาสตร์ วิศวกรรม ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่ค่าร้อยละ 88.00/87.83 จะเห็นว่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์จากแบบประเมินคุณภาพ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ของ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา มีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.59 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก และด้านสื่อมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.47 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่าบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งประกอบด้วย เนื้อหา และแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยสามารถนำบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ ไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ งานวิจัยของ ชำรงค์ ทองซุ่นห่อ (2548 : 38) ดำเนินการวิจัยโดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์เรื่อง ชุมอุปกรณ์ปลายทางโครงการรถไฟใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ คุณภาพทางด้านเนื้อหา มีค่าเฉลี่ยที่ 4.36 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดี และ ด้านเทคนิคการผลิตสื่อมีคะแนนเฉลี่ยที่ 4.58 มีความหมายของระดับคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก เนื่องด้วยผลทางด้านเนื้อหาของผู้วิจัยมีเหมาะสมทางด้านเนื้อหา การนำเข้าสู่บทเรียน ตรงตาม วัตถุประสงค์ทำให้ผลการวิเคราะห์อยู่ในระดับดีมาก ส่วนด้านสื่อเนื่องจาก การบรรยาย พร้อมทั้ง ภาพไม่ชัดเจนทำให้ผลการวิเคราะห์อยู่ในระดับดี

ผลการวิจัยการสร้าง และหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ สำหรับนักศึกษาหลักสูตร 5 ปี ระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2551 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีซึ่งค่า ประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 88.00/87.83 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน คือ E_1/E_2 เท่ากับ 80/80

จากการวิจัยค่าประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้มีค่า ตามเกณฑ์กำหนด ทั้งนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบที่สำคัญ หลายประการ ดังต่อไปนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ มีความน่าสนใจต่อการเรียน เนื่องจาก บทเรียนผ่านการพัฒนาอย่างมีระบบ ลักษณะของการสร้างเนื้อหาได้นำหลักการพื้นฐานทาง จิตวิทยาของกลุ่มพฤติกรรมนิยม คือ ทฤษฎีการเรียนรู้มาช่วยเสริมสร้างบทเรียนมีความน่าสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากยิ่งขึ้น ผู้เรียนจึงมีความพอใจกับวิธีการเรียนที่แตกต่างไปจากสภาพห้องเรียน สร้างจินตนาการ ได้ดีเนื่องจากมีการนำสี และกราฟฟิกมาประกอบบทเรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในความ แปลกใหม่ของตัวบทเรียน

2. รูปแบบของการเรียนที่เป็นอิสระ ผู้เรียนสามารถย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาเดิมได้ หรือ ทำความเข้าใจกับเนื้อหานั้นๆ ได้นานเท่าที่ต้องการ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชำมรงค์ ทองชื่นหอ (2548 : 42) ดำเนินการวิจัยโดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทางโครงการ รถไฟฟ้าใต้ดินสายเฉลิมรัชมงคล ผลการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 89.50/86.50 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทองหนัก ดวงสุวรรณ (2547 : 48) ดำเนินการวิจัยโดยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องหลักการติดตั้งงานรับ สัญญาณดาวเทียมย่าน C และ Ku ผลการวิจัยพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องหลักการ ติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียม C และ Ku ที่สร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 84.50/82.75 ซึ่งสูง ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ซึ่งผู้เรียนจะได้ผลดียิ่งขึ้น เพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์สามารถ ให้ผู้เรียนเรียนซ้ำแล้วซ้ำอีกเท่าที่ผู้เรียนต้องการ โดยไม่มีแรงกดดันจากกลุ่มเพื่อน ไม่มีอารมณ์จาก ผู้สอนมาเกี่ยวข้อง และการรู้ผลคะแนนของการทำแบบทดสอบ ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น และสนใจในตัวเนื้อหามากขึ้นเพราะการรู้ว่าตนเองสามารถทำคะแนนได้มากน้อยเพียงใด

3. ความสะดวกในการศึกษาเนื้อหาของบทเรียนทำได้ง่าย เนื่องจากเป็นการเรียนการสอน ผ่านซีดีรอม โดยอาศัยศักยภาพและความสามารถของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มี ส่วนเข้ามาช่วยเอื้ออำนวย และเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนการสอน ให้เกิดการเรียนรู้อย่าง มีความหมายและมีประสิทธิภาพ สามารถนำมาเรียนรู้ได้ทุกสถานที่ทุกเวลา

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปเพิ่มประสิทธิภาพการเรียน การสอนเรื่อง อโลหะ ในรายวิชา วัสดุวิศวกรรมได้
2. ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ และค้นคว้าทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง การเรียนจะเรียน ณ เวลาและสถานที่ใดก็ได้ตามความพอใจของผู้เรียน
3. เป็นแนวทางในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง อโลหะในหัวเรื่องอื่นๆ ต่อไป

5.3.2 ข้อเสนอเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ศึกษาพัฒนาการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์นำเสนอ ภาพเคลื่อนไหวเป็นภาพ 3 มิติ ประกอบเสียงบรรยาย และพัฒนาเป็นสื่อแบบตอบสนองต่อผู้เรียนได้
2. ศึกษาและสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องและต่อเนื่องกับเรื่องวัสดุโลหะ เพื่อให้ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สมบูรณ์ขึ้น
3. ศึกษาวิจัยเพื่อหารูปแบบการนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อให้ได้มาซึ่งเทคนิควิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเนื้อหา และระดับของผู้เรียน



บรรณานุกรม

เกียรติ. 2549. วารสารเรื่อง “ปูนซีเมนต์”.

กิดานันท์ มลิทอง. 2535. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กิดานันท์ มลิทอง. 2543. เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2521. ระบบสื่อสารการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. 2520. ระบบการสอน (CAI). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. เทคโนโลยีทางการศึกษา หลักการแนวปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สามเจริญพานิช.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533. เทคโนโลยีทางการศึกษา ทฤษฎีและการวิจัย. กรุงเทพฯ : โอ.พรินต์ติ้ง เฮาส์.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2543. ระบบการสอน (CAI). กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คูสิต พันธุ์ฤกษ์. 2544. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาชีววิทยา ว 041 เรื่อง การย่อยอาหารของคน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทองหนัก ดวงสุวรรณ. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการติดตั้งงานรับสัญญาณดาวเทียมย่าน C และ Ku.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ธีรารัง ทองซุ่นห่อ. 2548. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องชุดอุปกรณ์ปลายทางโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินสายรัชมงคล.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ถนอมพร เลหาจรัสแสง. 2541. คอมพิวเตอร์ช่วยสอน. กรุงเทพฯ : ดวงกมล โปรดซ์ัน.

เนรัญชลา กำไลทอง. 2547. วัสดุช่างอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : แม็ค.

บุญธรรม กิจปรีดาวิสุทธิ. 2535. การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : สมเจริญพานิช.

บุรณะ สมชัย. 2548. 2542 : 11-27 การสร้าง CAI Multimedia. ด้วย Author ware 4.0

พงศ์พันธ์ วรสุนทรโรสด. 2549. **วัสดุก่อสร้าง**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล ไพบูลย์ เกียรติโกมล และ สิริลักษณ์ ตีรณธนากุล. 2543. การออกแบบการสอนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน IMMCI (Designing IMM Computer Instruction). คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ตีพิมพ์ในวารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 พฤศจิกายน 2542 เมษายน หน้า 5-17.

พวงรัตน์ มณีรัตน์. 2540. “วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.” กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

มานพ ต้นตระกูลชัย. 2545. **วัสดุวิศวกรรม (ฉบับปรับปรุง)**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มนตรี บุญชู และคณะ. 2526. **วัสดุช่าง**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศรีสยาม.

นพพร น้อยวัฒน์กุล. 2547. “บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องการไหลของของไหล.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เย็น ภู่วรรณ. 2532. “การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการเรียนการสอน.” หน้า 270-281. ในรายงานการประชุมเรื่อง การพัฒนาสื่อสารการศึกษาทางวิทยาศาสตร์การแพทย์. คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, เมษายน.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2538. วิธีวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาพพิมพ์.

รุจโรจน์ แก้วอุไร. 2548. หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของ กาเย่ [Online] เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaicai.com/articles/cai4.html>.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538. “เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา.” กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น วิลเลียม เอฟ สมิต. 2547. **วัสดุวิศวกรรม – Principles of Materials Science and Engineering –** สำนักพิมพ์ ท็อป/แมคกรอ – ฮิล. กรุงเทพฯ.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. **เกมคอมพิวเตอร์**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ดูเคชั่น.

สุกรี รอดโพธิ์ทอง. 2535. “การออกแบบการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง : เอกสารอัดสำเนา.

สุทธิย์ กาญจนพันธุ์. 2541. **รวมศัพท์เทคโนโลยี และการสื่อสารเพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.

สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. 2550. **วารสารรายเดือน เรื่อง “พลาสติก”**

สมหวัง พิธิยานุวัฒน์. 2528. **รวมบทความทางการประเมินโครงการ**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดมวิทย์ กาญจนวงศ์. 2545. **การทดสอบวัสดุ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าเว็บไซต์นี้เกี่ยวข้องกับการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Best, J. W., & Kahn, J. V. 1993. **Research in education**. Boston : Allyn and Bacon.
- Klingner, D.E. 1990. **Public Personal Management**. New Jersey : Prentice-Hall.
- Riecken, H. 1972. **Evaluation action programs : readings in social action research**. Boston : Allyn & Bacon.
- Suchman, E.A. 1987. **Evaluation research : principle and practice in public service and social action programs**. New York : Ruge Sage Foundation.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

ก. รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา และแบบทดสอบ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. อาจารย์วิเชียร ทวีสุข
ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิชาช่างแมคคาทรอนิกส์
วิทยาลัยเทคนิคสระบุรี
2. อาจารย์กัลยา เข็นน้ำ
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
3. อาจารย์สิงห์ชัย อ่อนพิทักษ์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร

ข. รายนามผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. อาจารย์คณินันต์ ปาลีรัมย์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์
วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร
2. นายนวพรชัย ฤกษ์ระรินทร์
ตำแหน่ง หัวหน้าฝ่ายกราฟฟิคดีไซน์
บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด
3. นายยุทธนา พงศ์พฤษชาติ
ตำแหน่ง ผู้จัดการ
บริษัท แอดชาयน์ คอมมูนิเคชั่น จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อและด้านเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพ (สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านสื่อ)

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านสื่อ ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ด้านสื่อ

หลักเกณฑ์การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดกาเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่าง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของ ผู้ทรงคุณวุฒิ ด้านสื่อ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็นด้านสื่อมี 5 ระดับ คือ

- 5 หมายถึง ระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ระดับดี
- 3 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ระดับพอใช้
- 1 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับด้านสื่อ

ขอขอบพระคุณท่านที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านสื่อ บทเรียนบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

แบบประเมินคุณภาพด้านสื่อ
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ

ตอนที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา				
		ดีมาก	ดี	ปานกลาง	พอใช้	ปรับปรุง
		5	4	3	2	1
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ					
	1.1 การนำเข้าสู่เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ					
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ					
	1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหาการเรียน					
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของภาพในแต่ละเรื่อง					
2	ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม					
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด					
	2.2 รูปภาพตรงกับเนื้อหา					
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในบทเรียน					
	2.4 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้ในบทเรียน					
3	ตัวอักษร เลียง					
	3.1 ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ					
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร					
	3.3 ความชัดเจนของตัวอักษร					
	3.4 ความเหมาะสมของงานด้านกราฟิก					
	3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร					
	3.6 ความเหมาะสมของเลียงที่ใช้บรรยาย					
	3.7 ความชัดของเลียงที่บรรยาย					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2

2.1 ข้อเสนอแนะความคิดเห็นในการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

2.2 ข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับคำนำ

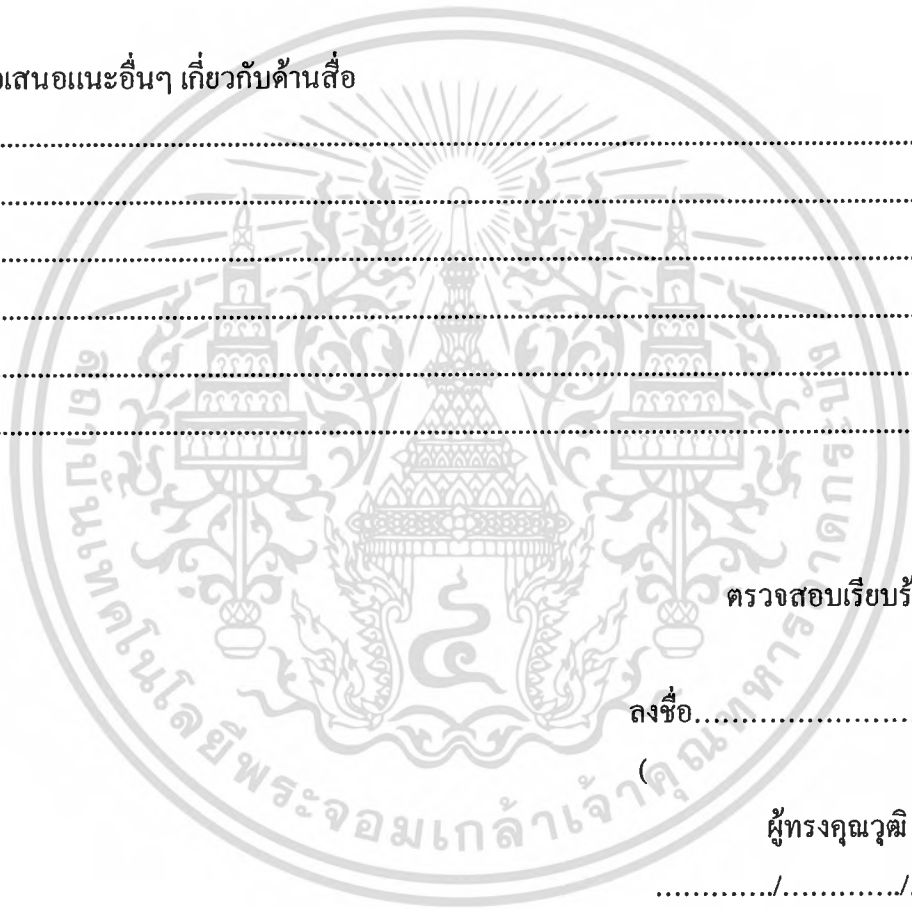
.....

.....

.....

.....

.....



ตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว

ลงชื่อ.....

()

ผู้ทรงคุณวุฒิ

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

แบบประเมินคุณภาพ (สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ

ตอนที่ 2 สอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่น ๆ ด้านเนื้อหา

หลักเกณฑ์การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดกาเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องว่าง ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ระดับความคิดเห็นด้านเนื้อหา มี 5 ระดับ คือ

- 5 หมายถึง ระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ระดับดี
- 3 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง ระดับพอใช้
- 1 หมายถึง ระดับควรปรับปรุง

ตอนที่ 2 โปรดเขียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับเนื้อหา

ขอขอบพระคุณท่านที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา ของบทเรียน
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หมายเหตุ

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง

แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโศก

ตอนที่ 1

ข้อที่	รายการประเมิน	เกณฑ์การพิจารณา				
		ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ปรับปรุง 1
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
	1.1 เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
	1.2 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
	1.3 ความเหมาะสมการนำเข้าสู่เนื้อหา					
	1.4 ความเหมาะสมการนำเสนอชัดเจน					
	1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา					
	1.6 เนื้อหามีความสนใจในการเรียน					
2	ด้านเวลาในการนำเสนอ					
	2.1 ความเหมาะสมของเวลากับการนำเสนอเนื้อหา					
	2.2 ความเหมาะสมของเวลากับคำบรรยาย					
	2.3 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอ บทเรียนทั้งหมด					

ตอนที่ 2 แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ เกี่ยวกับเนื้อหา

.....
.....

ตรวจสอบเรียบร้อย

ลงชื่อ.....

()

ผู้ทรงคุณวุฒิ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องโอโลหะ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน หน่วยที่ 1

จงเติมเครื่องหมายกากบาท (X) หน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดทำจากยางของธรรมชาติ

ก. ยางล้อเครื่องบิน

ข. รองเท้าแตะ

ค. ท่อน้ำมัน

ง. ถังน้ำมัน

2. ข้อใดทำจากยางเทียม

ก. ทำกาวยาง

ข. ทำที่นอน

ค. ทำยางลบ

ง. ทำสายเคเบิล

3. ยางพาราเดิมมีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศใด

ก. บราซิล

ข. อินโดนีเซีย

ค. ลังกา

ง. อาร์เจนตินา

4. บดยางผสมกับกำมะถันผงคาร์บอนแล้วอบด้วยความร้อนกรรมวิธีนี้เรียกว่า

ก. รีไซเคิล

ข. ออกซิเดชัน

ค. คีตักชัน

ง. วัลเคไนเซชัน

5. ผลิตภัณฑ์ยางที่ต้องการให้แข็งมีสารอะไรผสมอยู่

ก. ออกซิเจน

ข. กำมะถัน

ค. คาร์บอน

ง. ฟอสฟอรัส

6. ยางในรถยนต์ ทำจาก

ก. Buna s

ข. P V C

ค. Buna N

ง. Butyl Rubber

7. Banking คือ

ก. ตัวเร่ง

ข. ตัวกันซึม

ค. ตัวทำแข็ง

ง. ผงฟู

8. ส่วนประกอบของไม้ส่วนใดจะบอกอายุของไม้

ก. ใจกลาง

ข. แก่นไม้

ค. วงปี

ง. รัศมี

9. ใช้ทำไม้กระดานปูพื้น ฝาผนัง เป็นการแปรรูปแบบใด

ก. แบบชอย

ข. แบบตัด

ค. แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ง. แบบเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ใช้ทำเสา คาน เป็นการแปรรูปแบบใด

ก. แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ข. แบบชอย

ค. แบบตัด

ง. แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

11. ไม้จำลา เป็นไม้ชนิดใด

ก. ไม้เขตฤดูร้อน

ข. ไม้เนื้อปานกลาง

ค. ไม้เนื้อแข็ง

ง. ไม้เนื้ออ่อน

12. ไม้ตะแบกเป็นไม้ชนิดใด

ก. ไม้เนื้อแข็ง

ข. ไม้เนื้อปานกลาง

ค. ไม้เนื้ออ่อน

ง. ไม้เบญจพรรณ

13. ไม้ชิงชัน เป็นไม้ชนิดใด

ก. ไม้เนื้อแข็ง

ข. ไม้เนื้อปานกลาง

ค. ไม้เนื้ออ่อน

ง. ไม้เขตร้อน

14. วีเนียร์ได้จากอะไร

ก. เศษไม้

ข. ฟิล์ม

ค. ชานอ้อย

ง. ท่อนซุง

15. ไม้อัดมีกี่ชนิด

ก. 3

ข. 4

ค. 5

ง. 6

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน หน่วยที่ 2

จงเติมเครื่องหมายกากบาท (X) หน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดเป็นวัสดุสังเคราะห์

ก. หิน

ข. ผ้าไหม

ค. ยาสמןไพร

ง. แก้ว

2. วัสดุดิบที่ใช้ทำพลาสติกคือ

ก. น้ำมันดิบ

ข. น้ำมันพืช

ค. ไยหิน

ง. พีช

3. Thermoplastic คือ

ก. ยางเทียม

ข. พลาสติกอ่อน

ค. พลาสติกแข็ง

ง. ยางธรรมชาติ

4. พลาสติกที่ใช้มากที่สุดคือ

ก. โพลีเอททีลีน

ข. โพลีสไตรีน

ค. ซิลิโคน

ง. อามิโน

5. พลาสติกอ่อนแต่มีคุณสมบัติเหมือนพลาสติกแข็งคือ

ก. โพลีสไตรีน

ข. เซลลูโลส

ค. อะคริลิก

ง. โพลีคาร์บอเนต

6. พลาสติกที่ได้จากธรรมชาติคือ

ก. โพลีไพรไพลีน

ข. ซิลิโคน

ค. อะคริลิก

ง. เซลลูโลส

7. พลาสติกที่ใช้ทำถ้วยชามคือ

ก. อีพอกซี

ข. อามิโน

ค. ซิลิโคน

ง. ฟูราน

8. พลาสติกที่วงการแพทย์ใช้ในการตัดยกรรมตกแต่งคือ

ก. เมลามีน

ข. ฟูราน

ค. อีพอกซี

ง. ซิลิโคน

9. ข้อใดเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้วที่เป็นเนื้อแก้ว

ก. ทรายซิลิกา

ข. โซดาแอช

ค. หินปูน

ง. เศษแก้ว

10. การใช้เพชรตัดกระจกเป็นคุณสมบัติด้านใดของแก้ว

ก. ความเหนียว

ข. ความแข็ง

ค. ความแข็งแรง

ง. ความเปราะ

11. การเติมเศษแก้วลงไปมีจุดประสงค์เพื่ออะไร

ก. เพิ่มเนื้อแก้ว

ข. เพิ่มความเหนียว

ค. ลดอุณหภูมิ

ง. เพิ่มอุณหภูมิ

12. ถ้าต้องการให้แก้วมีความแวววาวสูงจะต้องเติมสารอะไร

ก. ซิลิเนียม

ข. ฟลูออโรสปาร์

ค. ตะกั่วออกไซด์

ง. โซเดียมไนเตรท

13. แก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีคือข้อใด

ก. ไยแก้ว

ข. แก้วเจียรไน

ค. แก้วนิรภัย

ง. แก้วบอโรซิลิเกต

14. การนำแก้วไปอบมีจุดประสงค์เพื่ออะไร

ก. เพิ่มความแข็ง

ข. เพิ่มความเหนียว

ค. ลดอุณหภูมิ

ง. เพิ่มความใส

15. ขวดแก้วขึ้นรูปด้วยวิธีใด

ก. การเป่า

ข. การกดรีด

ค. การหล่อ

ง. การเทลงในแบบ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องอโลหะ
จงเติมเครื่องหมายกากบาท (X) หน้าข้อที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดทำจากยางของธรรมชาติ

- | | |
|---------------------|---------------|
| ก. ยางล้อเครื่องบิน | ข. รองเท้าแตะ |
| ค. ท่อน้ำมัน | ง. ถังน้ำมัน |

2. ข้อใดทำจากยางเทียม

- | | |
|-------------|----------------|
| ก. ทำกาวยาง | ข. ทำที่นอน |
| ค. ทำยางลบ | ง. ทำสายเคเบิล |

3. ยางพาราเดิมมีถิ่นกำเนิดอยู่ที่ประเทศใด

- | | |
|-----------|----------------|
| ก. บราซิล | ข. อินโดนีเซีย |
| ค. ลังกา | ง. อาร์เจนตินา |

4. ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้แข็งมีสารอะไรผสมอยู่

- | | |
|-------------|-------------|
| ก. ออกซิเจน | ข. กำมะถัน |
| ค. คาร์บอน | ง. ฟอสฟอรัส |

5. Banking คือ

- | | |
|--------------|--------------|
| ก. ตัวเร่ง | ข. ตัวกันซึม |
| ค. ตัวทำแข็ง | ง. ผงฟู |

6. ส่วนประกอบของไม้ส่วนใดจะบอกอายุของไม้

- | | |
|-----------|------------|
| ก. ใจกลาง | ข. แก่นไม้ |
| ค. วงปี | ง. รัศมี |

7. ใช้ทำไม้กระดานปูพื้น ฝาผนัง เป็นการแปรรูปแบบใด

- | | |
|-------------------------|--------------|
| ก. แบบขอย | ข. แบบตัด |
| ค. แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส | ง. แบบเลื่อน |

8. ไม้ตะแบกเป็นไม้ชนิดใด

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ก. ไม้เนื้อแข็ง | ข. ไม้เนื้อปานกลาง |
| ค. ไม้เนื้ออ่อน | ง. ไม้เบญจพรรณ |

9. ไม้ชิงชัน เป็นไม้ชนิดใด

- | | |
|-----------------|--------------------|
| ก. ไม้เนื้อแข็ง | ข. ไม้เนื้อปานกลาง |
| ค. ไม้เนื้ออ่อน | ง. ไม้เขตร้อน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วีเนียร์ได้จากอะไร
- ก. เศษไม้
ข. ชี้อ้อย
ค. ชานอ้อย
ง. ท่อนซุง
11. ข้อใดเป็นวัสดุสังเคราะห์
- ก. หิน
ข. ฝ้ายไหม
ค. ยาสีฟัน
ง. แก้ว
12. วัสดุคิที่ใช้ทำพลาสติกคือ
- ก. น้ำมันดิบ
ข. น้ำมันพืช
ค. โยหิน
ง. พืช
13. Thermoplastic คือ
- ก. ยางเทียม
ข. พลาสติกอ่อน
ค. พลาสติกแข็ง
ง. ยางธรรมชาติ
14. พลาสติกที่ใช้มากที่สุดคือ
- ก. โพลีเอททิลีน
ข. โพลีสไทลีน
ค. ซิลิโคน
ง. อามิโน
15. พลาสติกอ่อนแต่มีคุณสมบัติเหมือนพลาสติกแข็งคือ
- ก. โพลีสไทลีน
ข. เซลลูโลส
ค. อะครีลิก
ง. โพลีคาร์บอเนต
16. พลาสติกที่ใช้ทำถ้วยชามคือ
- ก. อีพอกซี
ข. อามิโน
ค. ซิลิโคน
ง. ฟุราน
17. ข้อใดเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้วที่เป็นเนื้อแก้ว
- ก. ทรายซิลิกา
ข. โซดาแอช
ค. หินปูน
ง. เศษแก้ว
18. การใช้เพชรตัดกระจกเป็นคุณสมบัติด้านใดของแก้ว
- ก. ความเหนียว
ข. ความแข็ง
ค. ความแข็งแรง
ง. ความเปราะ
19. การนำแก้วไปอบมีจุดประสงค์เพื่ออะไร
- ก. เพิ่มความแข็ง
ข. เพิ่มความเหนียว
ค. ลดอุณหภูมิ
ง. เพิ่มความใส

20. ขวดแก้วขึ้นรูปด้วยวิธีใด

ก. การเป่า

ข. การกดรีด

ค. การหล่อ

ง. การเทลงในแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
แบบประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา)

คำชี้แจง

เพื่อประเมินถึงความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่อง อโลหะ

ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ที่ตรงกับความคิดเห็นว่าในแบบทดสอบแต่ละข้อมีค่าความ
สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้มากหรือน้อย โดยพิจารณาดังนี้

จุดประสงค์ทั่วไป

1. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจความหมายของสารธรรมชาติ
2. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจธรรมชาติ และ ไม้
3. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจความหมายของสารสังเคราะห์
4. เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจพลาสติก และ แก้ว

คะแนน +1 สำหรับแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับแบบทดสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับแบบทดสอบที่ไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ขอขอบพระคุณท่านที่ได้กรุณาเป็นผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
เรื่อง อโลหะ เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

หมายเหตุ

ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ จะนำไปหาดัชนีความสอดคล้องระหว่าง
ข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากนั้นเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5
ขึ้นไป เก็บไว้ ส่วนข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องน้อยกว่า 0.5 นำไปปรับปรุงให้ได้ตามเกณฑ์

ลงชื่อ.....

(นางสาวอุไร ทองคำ)

ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	ข้อสอบ	เกณฑ์การพิจารณา		
		1	0	-1
9	ใช้ทำไม้กระดานปูพื้น ฝาผนัง เป็นการแปรรูปแบบใด ก. แบบชอย ข. แบบตัด ค. แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ง. แบบเลื่อน			
10	ใช้ทำเสา คาน เป็นการแปรรูปแบบใด ก. แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ข. แบบชอย ค. แบบตัด ง. แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า			
11	ไม้ฉำฉา เป็นไม้ชนิดใด ก. ไม้เขตฤดูร้อน ข. ไม้เนื้อปานกลาง ค. ไม้เนื้อแข็ง ง. ไม้เนื้ออ่อน			
12	ไม้ตะแบกเป็นไม้ชนิดใด ก. ไม้เนื้อแข็ง ข. ไม้เนื้อปานกลาง ค. ไม้เนื้ออ่อน ง. ไม้เบญจพรรณ			
13	ไม้ชิงชัน เป็นไม้ชนิดใด ก. ไม้เนื้อแข็ง ข. ไม้เนื้อปานกลาง ค. ไม้เนื้ออ่อน ง. ไม้เขตร้อน			
14	วีเนียร์ได้จากอะไร ก. เศษไม้ ข. ขี้เลื่อย ค. ชานอ้อย ง. ท่อนซุง			
15	ไม้อัดมีกี่ชนิด ก. 3 ข. 4 ค. 5 ง. 6			
16	ข้อใดเป็นวัสดุสังเคราะห์ ก. หิน ข. ฝ้าใหม่ ค. ยาสมุนไพรร ง. แก้ว			
17	วัสดุดิบที่ใช้ทำพลาสติกคือ ก. น้ำมันดิบ ข. น้ำมันพืช ค. โยหิน ง. พืช			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อที่	ข้อสอบ	เกณฑ์การพิจารณา		
		1	0	-1
18	Thermoplastic คือ ก. ขางเทียม ข. พลาสติกอ่อน ค. พลาสติกแข็ง ง. ยางธรรมชาติ			
19	พลาสติกที่ใช้มากที่สุดคือ ก. โพลีเอททีลีน ข. โพลีสไทลีน ค. ซิลิโคน ง. อามิโน			
20	พลาสติกอ่อนแต่มีคุณสมบัติเหมือนพลาสติกแข็งคือ ก. โพลีสไทลีน ข. เซลลูโลส ค. อะคริลิก ง. โพลีคาร์บอเนต			
21	พลาสติกที่ได้จากธรรมชาติคือ ก. โพลีไพรไพลีน ข. ซิลิโคน ค. อะคริลิก ง. เซลลูโลส			
22	พลาสติกที่ใช้ทำถ้วยชามคือ ก. อีพอกซี ข. อามิโน ค. ซิลิโคน ง. ฟูราน			
23	พลาสติกที่วงการแพทย์ใช้ในการศัลยกรรมตกแต่งคือ ก. เมลามีน ข. ฟูราน ค. อีพอกซี ง. ซิลิโคน			
24	ข้อใดเป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้วที่เป็นเนื้อแก้ว ก. ทราชซิลิกา ข. โซดาแอช ค. หินปูน ง. เศษแก้ว			
25	การใช้เพชรตัดกระจกเป็นคุณสมบัติด้านใดของแก้ว ก. ความเหนียว ข. ความแข็ง ค. ความแข็งแรง ง. ความเปราะ			
26	การเติมเศษแก้วลงไปมีจุดประสงค์เพื่ออะไร ก. เพิ่มเนื้อแก้ว ข. เพิ่มความเหนียว ค. ลดอุณหภูมิ ง. เพิ่มอุณหภูมิ			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ
การคำนวณค่าสถิติที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์
เชิงพฤติกรรม (IOC)

ตารางที่ ๑ ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

ข้อสอบ	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน			รวม	ค่า IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
2	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
3	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
4	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
5	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
6	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
7	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
8	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
9	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
10	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
11	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
12	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
13	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
14	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
15	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
16	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
17	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
18	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
19	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
20	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
21	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
22	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
23	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
24	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ 1 (ต่อ)

ข้อสอบ	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน			รวม	ค่า IOC	ความหมาย
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
25	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
26	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง/ใช้ได้
27	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
28	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
29	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้
30	1	1	1	3	1.00	สอดคล้อง/ใช้ได้

วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสอดคล้องกับจุดประสงค์ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ. 2533 :138) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

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

เมื่อ

IOC

หมายถึง

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับวัตถุประสงค์
เชิงพฤติกรรม

$\sum R$

หมายถึง

ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ
ทั้งหมด

n

หมายถึง

จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑ ๒ คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน

คนที่	คะแนนที่ได้ (X) (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
1	26
2	26
3	27
4	28
5	26
6	27
7	26
8	26
9	27
10	27
11	25
12	28
13	26
14	27
15	26
16	27
17	26
18	27
19	25
20	27
21	26
22	26
23	26
24	26
25	27
26	26
27	26
28	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๒ (ต่อ)

คนที่	คะแนนที่ได้ (X) (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
29	27
30	26
รวม (Σ)	792



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓ คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน

คนที่	คะแนนที่ได้ (X) (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)
1	17
2	17
3	17
4	20
5	17
6	18
7	16
8	19
9	17
10	16
11	20
12	16
13	18
14	16
15	16
16	18
17	16
18	18
19	17
20	18
21	18
22	19
23	18
24	18
25	16
26	18
27	19
28	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓ (ต่อ)

คนที่	คะแนนที่ได้ (X) (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)
29	18
30	18
รวม (Σ)	527



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่าความยากง่าย, ค่าอำนาจจำแนก

ตารางที่ 4 การหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	$f_H = 30$ คน	$f_L = 30$ คน	$P = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$
1	9	9	0.50	0.20
2	8	5	0.43	0.20
3	9	4	0.43	0.33
4	9	4	0.43	0.33
5	10	4	0.47	0.40
6	9	4	0.43	0.33
7	9	5	0.47	0.27
8	9	3	0.40	0.40
9	9	4	0.43	0.33
10	9	3	0.40	0.40
11	10	4	0.43	0.40
12	8	2	0.33	0.40
13	10	3	0.43	0.47
14	8	4	0.40	0.27
15	9	2	0.37	0.47
16	8	2	0.33	0.40
17	9	3	0.40	0.40
18	8	5	0.43	0.20
19	8	3	0.37	0.33
20	8	3	0.37	0.33
21	9	4	0.43	0.33
22	9	3	0.40	0.40
23	8	3	0.37	0.33
24	8	4	0.40	0.27
25	8	4	0.40	0.33
26	9	4	0.43	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๓ 4 (ต่อ)

ข้อที่	$f_H = 30$ คน	$f_L = 30$ คน	$P = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$	$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$
27	9	2	0.37	0.20
28	8	5	0.43	0.20
29	9	3	0.40	0.40
30	9	4	0.43	0.33
เฉลี่ย	-	-	0.41	0.34

สูตรหาค่าความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
(รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 237) ดังนี้

$$P = \frac{f_H + f_L}{N_H + N_L}$$

$$r = \frac{f_H - f_L}{N_H}$$

- P หมายถึง ระดับความยากของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 f_H หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
 f_L หมายถึง จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
 N_H หมายถึง จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มสูง
 N_L หมายถึง จำนวนนักศึกษาทั้งหมดในกลุ่มต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าความเชื่อมั่น

ตารางที่ 5 การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ค่า q	ค่า p.q
1	0.50	0.20	0.50	0.25
2	0.43	0.20	0.57	0.25
3	0.43	0.33	0.60	0.24
4	0.43	0.33	0.57	0.25
5	0.47	0.40	0.53	0.25
6	0.43	0.33	0.57	0.25
7	0.47	0.27	0.53	0.25
8	0.40	0.40	0.60	0.24
9	0.43	0.33	0.57	0.25
10	0.40	0.40	0.60	0.24
11	0.47	0.40	0.53	0.25
12	0.33	0.40	0.67	0.22
13	0.43	0.47	0.57	0.25
14	0.40	0.27	0.60	0.24
15	0.37	0.47	0.63	0.23
16	0.33	0.40	0.67	0.22
17	0.40	0.40	0.60	0.24
18	0.43	0.20	0.57	0.25
19	0.37	0.33	0.63	0.23
20	0.37	0.33	0.63	0.23
21	0.43	0.33	0.57	0.25
22	0.40	0.40	0.60	0.24
23	0.37	0.33	0.63	0.23
24	0.40	0.27	0.60	0.24
25	0.40	0.27	0.60	0.24
26	0.43	0.33	0.57	0.25
27	0.37	0.47	0.63	0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๕ (ต่อ)

ข้อที่	ความยากง่าย (p)	ค่าอำนาจจำแนก (D)	ค่า q	ค่า p.q
28	0.43	0.20	0.57	0.25
29	0.40	0.40	0.60	0.24
30	0.43	0.33	0.57	0.25

วิธีหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ KR-20 ของ Kuder Richardson (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 142)

$$r_{ii} = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_i^2} \right]$$

$$S_i^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ

r_{ii} หมายถึง ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

k หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมด

p หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก

q หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด

S_i^2 หมายถึง ความแปรปรวนของคะแนนผู้เข้าสอบทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนผู้เข้าสอบ

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เข้าสอบ

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.75 โดยเกณฑ์ขอบเขตของค่า r และความหมาย (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2538 : 142)

ดังนั้นค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ มีค่า 0.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การวิเคราะห์คุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยให้ ผู้ทรงคุณวุฒิเป็นผู้ประเมิน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือคุณภาพทางด้านเนื้อหา มีคุณภาพทางด้านสื่อ ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางด้านเนื้อหา มีคุณภาพอยู่ใน ระดับดีมาก ส่วนด้านสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับดี รายละเอียดแสดงในตารางที่ 6 – 7

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ทางด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน

ข้อที่	รายการประเมินด้านเนื้อหา	ผลการประเมิน					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	\bar{X}	S.D	ระดับ
1	ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ						
	1.1 เนื้อหา มีความสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	1.2 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับ ผู้เรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ความเหมาะสมการนำเข้าสู่เนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความเหมาะสมการนำเสนอชัดเจน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
	1.5 ความถูกต้องของเนื้อหา	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.6 เนื้อหา มีความสนใจในการเรียน	4	4	5	4.33	0.58	ดี
2	ด้านเวลาในการนำเสนอ						
	2.1 ความเหมาะสมของเวลากับ การนำเสนอเนื้อหา	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.2 ความเหมาะสมของเวลากับ คำบรรยาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของเวลาในการ นำเสนอบทเรียนทั้งหมด	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม					4.59	0.38	ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗ ผลการวิเคราะห์แบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ทางด้านสื่อ จำนวน 3 ท่าน

ข้อ ที่	รายการประเมินด้านสื่อ	ผลการประเมิน					
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	\bar{X}	S.D	ระดับ
1	รูปแบบสื่อและการนำเสนอ						
	1.1 การนำเข้าสู่เนื้อหาที่มีความน่าสนใจ	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	1.2 ความเหมาะสมในรูปแบบและวิธีการนำเสนอ	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	1.3 ลำดับขั้นในการนำเสนอของสื่อตรงเนื้อหา การเรียน	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	1.4 ความเหมาะสมของเวลาในการนำเสนอของภาพ ในแต่ละเรื่อง	4	4	4	4.00	0.00	ดี
2	ภาพการให้สีที่เหมาะสม สวยงาม						
	2.1 คุณภาพของรูปภาพที่ใช้มีความคมชัด	4	4	4	4.00	0.00	ดี
	2.2 รูปภาพตรงกับเนื้อหา	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
	2.3 ความเหมาะสมของภาพที่ใช้ในบทเรียน	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
	2.4 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้ในบทเรียน	4	4	4	4.00	0.00	ดี
3	ตัวอักษร เสียง						
	3.1 ลักษณะของตัวอักษรที่ใช้นำเสนอ	4	5	5	4.67	0.58	ดีมาก
	3.2 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษร	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	3.3 ความชัดเจนของตัวอักษร	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	3.4 ความเหมาะสมของงานคั่นกราฟิก	5	4	4	4.33	0.58	ดี
	3.5 ความเหมาะสมของสีพื้นที่ใช้กับตัวอักษร	4	5	4	4.33	0.58	ดี
	3.6 ความเหมาะสมของเสียงที่ใช้บรรยาย	5	5	4	4.67	0.58	ดีมาก
	3.7 ความชัดของเสียงที่บรรยาย	5	4	5	4.67	0.58	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม					4.47	0.38	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของบทเรียน แสดงคะแนนแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนและหลังเรียนของคกลุ่มตัวอย่าง 30 คน

คนที่ (จำนวน 30 คน)	คะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน		คะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน		คะแนนเต็ม 20 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
1	26	86.67	17	85
2	26	86.67	17	85
3	27	90.00	17	85
4	28	93.33	20	100
5	26	86.67	16	80
6	27	90.00	17	85
7	26	86.67	18	90
8	26	86.67	16	80
9	27	90.00	19	95
10	27	90.00	17	85
11	25	83.33	16	80
12	28	93.33	20	100
13	26	86.67	16	80
14	27	90.00	18	90
15	26	86.67	16	80
16	27	90.00	18	90
17	26	86.67	16	80
18	27	90.00	18	90
19	25	83.33	17	85
20	27	90.00	18	90
21	26	86.67	18	90
22	26	86.67	19	95
23	26	86.67	18	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๘ (ต่อ)

คนที่ (จำนวน 30 คน)	คะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน		คะแนนแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียน	
	คะแนนเต็ม 30 คะแนน		คะแนนเต็ม 20 คะแนน	
	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ	คะแนนที่ได้	คิดเป็นร้อยละ
24	26	86.67	18	90
25	27	90.00	16	80
26	26	86.67	18	90
27	26	86.67	19	95
28	26	86.67	18	90
29	27	90.00	18	90
30	26	86.67	18	90
คิดเป็นร้อยละ	-	$E_1 = 88.00$	-	$E_2 = 87.83$

$$E1 = \left[\frac{\sum X/n}{A} \right] \times 100$$

$$E2 = \left[\frac{\sum F/n}{B} \right] \times 100$$

เมื่อ

E1	หมายถึง	ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียน
E2	หมายถึง	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
$\sum X$	หมายถึง	คะแนนรวมของการทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
$\sum F$	หมายถึง	คะแนนรวมของการทำแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน
n	หมายถึง	จำนวนผู้เรียน
A	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
B	หมายถึง	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียนครบทุกหน่วยการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวอุไร ทองคำ
วัน-เดือน-ปีเกิด	18 มีนาคม 2522
สถานที่เกิด	จ.ลพบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	25 หมู่ 6 ต.บัวชุม อ.ชัยบาดาล จ.ลพบุรี 15130
สถานที่ทำงาน	บริษัทแสงชัยมิเตอร์ จำกัด 694/16-19 ถ.พหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท จ.กรุงเทพฯ 10400
ตำแหน่ง	ผู้เชี่ยวชาญด้านผลิตภัณฑ์
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2541 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี ปีการศึกษา 2544 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคท่าหลวงจันทบุรี ปีการศึกษา 2545 ค.อ.บ. สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-โทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2551 ค.อ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้